

**EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO
DE CÓRDOBA**



EGLENDYS NOBLES OROZCO

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA AMBIENTAL
MONTERÍA, CÓRDOBA**

2016

**EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO
DE CÓRDOBA**

EGLENDYS NOBLES OROZCO

**Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Trabajo de Investigación y/o
extensión, como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniera
Ambiental.**

Director (s):

TEOBALDIS MERCADO FERNANDEZ, Ph.D Hidrociencias

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA AMBIENTAL

MONTERÍA, CÓRDOBA

2016

La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto, serán responsabilidad de los autores.

Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Este es el fruto de los apuntes consignados en la parte trasera de mi libreta; esa que, con tanto empeño, sacrificio y dedicación, ayudaron a llenar de ideas, metas y sueños. No es para mí, sino para ustedes. Mis padres.

Agradecimientos:

A Dios por enseñarme el verdadero significado del amor

Al profesor Teobaldís Mercado por su confianza e instrucciones en este proceso investigativo, y por mostrarse como un ejemplo a seguir

A Zoraya Martínez y Doris Mejía por sus valiosas recomendaciones

Al ingeniero Ángel Díaz por su apoyo desinteresado en pro del desarrollo de esta iniciativa

A Yulis Babilonia por su colaboración en la fase exploratoria de esta investigación

A mis padres y hermanos por jamás perder la fe en mí y ayudarme en lo que más pudieron

A la familia Talaigua Estrada en especial, a los señores Víctor y Daniela, sus hijos: Ana, Cecilia, Rosmira; y nietos, por abrirme las puertas de su casa y considerarme parte de su familia modelo.

A mis amigos, colegas y compañeros Carlos Rosso, Kelly Ortega, Harold Aguirre, Osnaider Fuertes, José Carreño, Rubén Ramos por su apoyo emocional durante esta enriquecedora etapa en mi vida

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCION	14
1. REVISIÓN DE LA LITERATURA	17
1.1 ANTECEDENTES	18
1.2 FENÓMENO DE LA SEQUÍA	20
1.3 TIPOS DE SEQUÍA	20
1.4 CAUSAS DE LA SEQUÍA	22
1.5 IMPACTOS DE LA SEQUÍA	23
1.6 MÉTODOS CUANTITATIVOS DE ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA	24
1.6.1 Índices de sequía	24
1.6.2 Análisis de Frecuencia	26
1.7 LA SEQUÍA DENTRO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO	27
2. MATERIALES Y MÉTODOS	29
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO	31
2.2 RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	32
2.3 TRATAMIENTO PRELIMINAR DE LOS DATOS SELECCIONADOS	33
2.4 CÁLCULO DEL SPI	33
2.5 CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA SEQUÍA	34
2.6 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	36
2.6.1 Estimación de intensidades de sequía a diferentes períodos de retorno mediante el método de Gumbel	36
2.6.2 Determinación de los niveles de amenaza	37
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
3.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO Y CONFIRMATORIO DE DATOS	40
3.1.1 Análisis gráfico	40
3.1.2 Análisis analítico	41

3.2 ANÁLISIS VISUAL DE LAS PRECIPITACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	43
3.3 CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LAS SEQUÍAS	44
3.4 Evaluación de la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba	51
4. CONCLUSIONES	58
5. RECOMENDACIONES	60
6. BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	70

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Gráficas de intensidad promedio.....	71
Anexo 2. Intensidades promedio del SPI.....	79
Anexo 3. Tabla de las duraciones promedio de sequías.....	81
Anexo 4. Procedimiento para la selección de los valores críticos.....	82
Anexo 6: Noticias de prensa. Efectos sobre la economía.....	85
Anexo 7. Análisis gráfico para las estaciones Boca De La Ceiba y Uré.....	87
Anexo 8. Estadísticos Descriptivos del total de estaciones de estudio.....	88
Anexo 9. Resumen del test de Wilcoxon.....	89
Anexo 10. Resumen de las Estaciones seleccionadas.....	90
Anexo 11. Cartografía de Amenaza a diferentes T.....	73

LISTADO DE MAPAS

Mapa 1. Intensidades promedio a partir del SPI de 6 meses.....	46
Mapa 2. Mapa del Índice de Sequía Estandarizado (SPI) de 6 meses y período de retorno de 100 años en el departamento de Córdoba.....	53
Mapa 3. Mapa del Índice de Sequía Estandarizado (SPI) de 3 meses y período de retorno de 2 años en el departamento de Córdoba.....	54

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del SPI.....	35
Tabla 2. Criterios de evaluación de la amenaza por sequía meteorológica.....	37
Tabla 3. Resumen de estadísticos descriptivos de estaciones de referencia.....	41
Tabla 4. Duraciones máximas a ambas escalas de tiempo.....	49
Tabla 5. Intensidades de sequía a diferentes períodos de retorno a escala trimestral y semestral.....	51
Tabla 6. Niveles de amenaza obtenidos para la sequía.....	52

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de El Niño para octubre de 2015.....	22
Figura 2. Esquema metodológico.....	30
Figura 3. Localización de las estaciones de estudio seleccionadas.....	32
Figura 4. Ejecución del programa SPI-6.....	34
Figura 5. Hoja de cálculo usada para estimar probabilidades de ocurrencia y valores críticos a diferentes períodos de retorno.....	36
Figura 6. Niveles de amenaza por sequías.....	38

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Boxplot e histograma de la estación el Salado.....	40
Gráfica 2. Distribución de las precipitaciones mensuales de las estaciones San Carlos, San Bernardo del Viento y El Limón.....	42
Gráfica 3. Precipitación promedio histórica mensual.....	43
Gráfica 4. Tendencia del SPI para la estación Boca de la Ceiba.....	45
Gráfica 5. Porcentaje de sequía para ambas escalas de tiempo.....	45
Gráfica 6. Frecuencia de ocurrencia de los subperíodos 1970-1985, 1986-2000 y 2001-2012 para SPI3.....	47
Gráfica 7. Frecuencia de ocurrencia de los subperíodos 1970-1985, 1986-2000 y 2001-2012 para SPI6.....	48
Gráfica 8. Frecuencia de sequías propiamente dichas vs n° de estaciones.....	51

RESUMEN

Las sequías se consideran como uno de los fenómenos naturales más complejos de la naturaleza, se caracterizan por estar relacionadas con la disminución en las precipitaciones por debajo de lo considerado normal y causar efectos en cualquier ámbito de la vida. En la presente investigación se logró evaluar la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba usando como información básica, los registros históricos de precipitación mensual de 40 estaciones meteorológicas, entre 1970 y 2012. La caracterización de la sequía se basó en el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) a escala de 3 y 6 meses, identificando sus principales parámetros: intensidad, duración, frecuencia y magnitud. La evaluación de la amenaza se realizó en función de la elección de un escenario crítico, definido por las intensidades máximas de eventos que pueden ocurrir en un período de retorno de dos años, estimado a través de la función de distribución Gumbel. Finalmente, se realizaron mapas para analizar el comportamiento espacial de la amenaza en el área de estudio. Las sequías que predominan son las de intensidad moderada con una frecuencia de 58% y 56% a escala trimestral y semestral, respectivamente. Los eventos de sequía más importantes por su duración y cobertura espacial ocurrieron en los años 1985, 1977 y 2002. Los resultados de la evaluación de la amenaza muestran que en el Departamento se presentan zonas con amenazas media y alta. Haciendo especial énfasis en estas últimas, debido a que un manejo adecuado de este peligro debe hacerse teniendo en cuenta las diferentes características socioambientales de estas subregiones. Sin embargo, dadas las limitaciones de la metodología se recomienda validar los resultados obtenidos.

Palabras Claves: Sequía, SPI, Amenaza, Gumbel, Córdoba

ABSTRACT

Droughts are considered one of the most complex natural phenomena of nature; they are characterized by being related to the decrease in precipitation below what is considered normal and cause effects in any sphere of life. In this research it was possible to assess the hazard drought in the department of Córdoba using as basic information the historical records of monthly precipitation of 40 meteorological stations between 1970 and 2012. The drought characterization was based on the calculation of Standardized Precipitation Index (SPI) at timescale of 3 and 6 months, identifying its main parameters: intensity, duration, frequency, magnitude and spatial coverage. The hazard assessment was performed according to the election of a critical scene, defined by the maximum intensities of events that can occur in a return period of two years, estimated by Gumbel distribution function. Finally, maps were performed to analyze the spatial behavior of the hazard in the studied area. Droughts are prevailing moderate intensity with a frequency of 58% and 56% on a quarterly and half-yearly scale, respectively. The most important events of drought duration and spatial coverage occurred in the years 1985, 1977 and 2002. The results of the hazard assessment in the department of Córdoba show that areas with medium and high hazard are presented. With special emphasis on the latter, because proper management of this risk should take into account the different social and environmental features of these subregions.

Keywords: Drought, SPI, hazard, Gumbel, Córdoba

INTRODUCCION

En los últimos años ha crecido la preocupación por el aumento de la frecuencia y severidad que puede traer consigo el cambio climático sobre eventos extremos como la sequía, el IPCC (2007) reporta un incremento de su intensidad y duración en muchas regiones del mundo; que junto a realidades como la disminución de disponibilidad de agua, los conflictos que genera, el aumento de la población mundial, sobre todo en países poco desarrollados; y la presión desmedida sobre el recurso (UNESCO 2003, Espín 2010, Asadi Zarch et al. 2014), requieren la atención urgente de la sociedad en general.

Las sequías se caracterizan por la falta de precipitaciones. Este fenómeno toma importancia cuando una comunidad humana asentada en determinada zona, que utiliza los recursos naturales que el medio le brinda para su subsistencia, es resentida por la alteración e impacta negativamente sus actividades y las relaciones del hombre respecto a la naturaleza, viéndose en peligro por la falta de agua (Algara 2009).

La sequía es clasificada como un fenómeno natural potencialmente peligroso, es decir que se encuentra al mismo nivel de otras amenazas naturales como los huracanes, inundaciones e incendios forestales (Hurtado & Cadena 2002), pero difiere de ellos de muchas maneras: se desarrolla de forma lenta y gradual, se extiende por amplias regiones, sus efectos pueden acumularse rápidamente durante un período de tiempo o tardar meses antes de que alcancen otros sistemas (Sivakumar et al. 2010, Mestre & Moreno 2009), y además, no posee una definición universalmente aceptada, que facilite su comprensión y estudio.

En este sentido se han desarrollado un sinnúmero de índices atendiendo al tipo de información disponible y las características climáticas del área afectada, que constituyen la principal herramienta de análisis y cuantificación de las sequías. Entre ellos destaca el Índice Estandarizado de precipitación (SPI), recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM 2012), para que sea usado al describir las características de las sequías meteorológicas por todos los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales y contribuir de esta forma a que existan resultados homogéneos que puedan ser comparables a nivel mundial.

En nuestro país, fenómenos climáticos como El Niño Oscilación de El Sur conducen a bajas en las precipitaciones y favorecen la ocurrencia de sequías tan intensas como la de 1991-1992. Recordada por las reducciones históricas alcanzada por los principales ríos del país y las graves pérdidas económicas que tocaron sectores como el hidroeléctrico, ocasionando el famoso apagón del 92 y la llamada Hora Gaviria (Zuluaga 2009).

El departamento de Córdoba se caracteriza por poseer una importante riqueza hídrica, representada en la presencia de tres ríos principales: Sinú, San Jorge y Canalete; complejos cenagosos, caños, quebradas y arroyos de menor importancia. Sin embargo, esta abundancia del recurso hídrico en el Departamento, se encuentra distribuida naturalmente de forma desigual, identificándose un déficit severo del recurso en las zonas norte durante la temporada seca, que han determinado los ciclos de cultivo, las necesidades de riego y de drenaje y el manejo de la ganadería en el Departamento (IGAC, 2010). Según Gónima (2009), el déficit hídrico en la cuenca media y baja del río Sinú ha aumentado entre 40mm a 440 mm. Comprobando de esta manera la incidencia del cambio climático sobre el territorio cordobés, sus posibles impactos sobre la disponibilidad del recurso hídrico y sus consecuentes afectaciones a las dependientes actividades agrícolas y pecuarias de la región.

La escasez de trabajos de investigación relacionados con la ocurrencia de fenómenos extremos en el departamento de Córdoba y la ausencia de investigaciones dirigidas exclusivamente a conocer la dinámica espacio temporal de las sequías en la región, ponen de manifiesto el poco interés que existe por parte de las instituciones y personas encargadas de estos temas, la falta de conocimientos al subestimar este fenómeno subrepticio y el peligro al que están expuestos la población y la actividad agropecuaria altamente dependiente del recurso hídrico en la región.

El propósito principal de esta investigación es evaluar la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba mediante el uso del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) como herramienta principal para la caracterización del fenómeno y la estimación de los períodos de retorno de intensidades de sequía a través de la distribución de Gumbel.

1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 ANTECEDENTES

La sequía es de los fenómenos más complejos que existen en la naturaleza, la casi imperceptible forma en la que se presenta, la gran cantidad de variables a las que asocia, la dificultad intrínseca del mismo a la particularidad de su estudio y los efectos catastróficos de su manifestación en muchas regiones del mundo, han obligado a los investigadores a centrar el interés en su estudio. Trabajos como los desarrollados por Wilhite (2000), Valiente (2001), Wilhite et al. (2014), tratan detalladamente aspectos como su definición, impactos económicos, sociales y ambientales; y las principales herramientas metodológicas usadas a nivel mundial para caracterizar el fenómeno.

Múltiples son las investigaciones enfocadas precisamente a describir sus principales parámetros, a partir de los índices de sequía (Vicario 2008, Mendoza & Puche 2008, Mestre & Moreno 2009, Zuluaga 2009). Tal es el caso del trabajo realizado por Dahal et al. (2015), donde utilizaron el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para analizar el patrón espacio temporal del fenómeno en Nepal central. Los resultados mostraron un aumento en la intensidad y frecuencia de las sequías, en los recientes años de estudio. Y, además, se destaca la utilidad de analizar al SPI como una herramienta efectiva que puede ayudar en la identificación de las características de las sequías y de este modo desarrollar estrategias de mitigación más eficaces.

Keyantash & Dracup (2002), Morid et al. (2006), Rivera (2014) también han evaluado estos índices con el fin de determinar cuál es el más adecuado para el análisis de las sequías, sus resultados coinciden en que el SPI puede ser recomendado para el monitoreo operacional de las mismas. Al respecto, en la región Caribe colombiana, Hurtado & Cadena (2002) compararon índices de sequía basados en registros de precipitación con los basados en el concepto de balance hídrico, concluyendo que los índices de balance hídrico reflejan mejor las condiciones de humedad en el medio ambiente, pero implican un mayor esfuerzo para calcularlos por lo que recomiendan el uso específicamente del SPI.

Pero el peligro que representa para la sostenibilidad de la vida en las áreas geográficas donde se manifiesta constituye otro de los enfoques bajo el cual se estudia y trata de comprender a la sequía.

Hungsoo et al. (2013) propusieron un marco metodológico para evaluar el riesgo de sequía en Corea del Sur, consistente en la estimación del índice de riesgo de sequía (DRI), a partir de la probabilidad de ocurrencia de la sequía que conforman lo que ellos denominaron índice de amenaza de sequía (DHI) y del índice de vulnerabilidad de sequía (DVI); usando datos de precipitación e información socioeconómica, respectivamente. Con respecto a la amenaza, concluyeron que fue posible identificarla mediante el uso de un índice conceptual que representara la severidad y frecuencia de las sequías en un contexto no dimensional.

INETER (2005), planteó una propuesta metodológica para la evaluación de la amenaza por sequía, basada en la relación de información obtenida de los niveles de intensidad (usando el índice de desviación de precipitación), y de probabilidad de ocurrencia para los eventos secos analizados. Los resultados reflejan no solo el grado de amenaza a través del mapa temático, también destaca la valiosa información que resume y su utilidad en el ordenamiento del territorio, la formulación de políticas y la gestión del recurso hídrico.

En Colombia es escasa la producción científica existente acerca de la sequía, especialmente vista como una amenaza natural. Loaiza (2014), evalúa la susceptibilidad en la cuenca del río Dagua a ser afectada por eventos de sequía previamente caracterizados, a partir de la estandarización de siete variables entre las características del terreno y las del evento ocurrido en 1991. El resultado final representado a través de un mapa indica que el 50% de la cuenca presenta susceptibilidad media y el 32% susceptibilidad alta, en su parte baja y alta, respectivamente.

Es de resaltar los esfuerzos realizados por el IDEAM para tratar de comprender la sequía, dada su ocurrencia en nuestro país, recientemente. Para eso adoptó la recomendación de la OMM (2009), de usar el SPI en la descripción de la sequía y actualmente pueden revisarse los mapas de los resultados del índice en su página web.

1.2 FENÓMENO DE LA SEQUÍA

La sequía no es una condición atípica del clima, sino una pieza fundamental de su variabilidad natural y una anomalía del ciclo hidrológico mundial (Zuluaga 2009). Este fenómeno natural ocurre en cualquier región geográfica del planeta y sus características van a depender en gran medida del régimen climático sobre el que suceda, constituyéndola como uno de los fenómenos climáticos más complejos y menos comprendidos en la Tierra (Mestre & Moreno 2009; Ferre & Ruiz 2012). Esta realidad ha contribuido a que se haya intentado concebir una definición que facilite su comprensión, cuyo producto final ha sido la producción de múltiples concepciones desde diferentes disciplinas, necesidades y afectaciones (OMM 2006; Zuluaga 2009).

La American Meteorological Society define la sequía, en su glosario meteorológico, como: “Un período de tiempo anormalmente seco lo suficientemente largo para causar un grave desequilibrio hidrológico”. Esta definición meramente conceptual, no distingue parámetros como el inicio, fin y duración del fenómeno, y mucho menos tiene en cuenta la realidad climática del área afectada (Valiente 2001). Caso contrario ocurre con las definiciones operacionales que, si toman en consideración mencionados aspectos, y además, posibilitan el análisis de la frecuencia, duración e intensidad de las sequías de acuerdo a las características regionales tanto climáticas como socioeconómicas.

1.3 TIPOS DE SEQUÍA

A pesar de las numerosas definiciones existentes, todas tienen en cuenta la característica más notable de la sequía: el déficit de precipitaciones. En consecuencia, se han categorizado cuatro tipos de sequía (Wilhite y Glantz 1985, citado en Valiente 2001, Méndez 2010, Loaiza 2014), así:

Sequía Meteorológica: Este tipo de sequía está asociada únicamente con la ausencia o escasez de precipitaciones por debajo de lo esperado o considerado normal, de un lugar geográfico en específico y durante cierto período de tiempo. De acuerdo con Méndez

(2010), la sequía meteorológica es considerada como un proceso totalmente natural, debido a que no hay una influencia directa del ser humano.

A la falta de esta variable en los registros meteorológicos y climáticos, se suman otras manifestaciones del tiempo como: fuertes vientos, baja humedad relativa, altas temperaturas, incrementos en la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación (Velasco et al. 2005).

Sequía Agrícola: Se define en términos de la disponibilidad de agua en los suelos para el sostenimiento de los cultivos (OMM 2006), es decir, ocurre una sequía agrícola cuando no hay suficiente humedad en el suelo que permita el normal desarrollo de las plantas (Valiente 2001). La intervención del hombre puede causar este tipo de sequía o recrudecer sus efectos por cuenta del mal manejo sobre el recurso edafológico. La gravedad de los daños que pueda causar la sequía agrícola sobre los cultivos, puede poner en peligro la seguridad alimentaria de las personas y, por ende, la subsistencia de las comunidades afectadas (Yu et al. 2014, FAO 2015).

Sequía hidrológica: La principal manifestación de esta sequía es la reducción de las fuentes de aguas superficiales y subterráneas por debajo del nivel medio o valor de referencia establecido. Un factor que puede intensificar sus efectos sobre la demanda social y ecosistémica del agua, es su administración, pasando a ser determinante la existencia de embalses y presas en las regiones expuestas. Por su persistencia, la sequía hidrológica puede ocasionar daños severos a la población, ya que sus efectos y su recuperación son a largo plazo (Velasco et. al 2005).

Sequía Socioeconómica: Esta sequía refleja las condiciones de oferta y demanda del recurso hídrico sobre una región en las que el recurso es escaso y la presión, de las actividades socioeconómicas sobre él, es desmedida (OMM 2006; Zuluaga 2009). En regiones poco desarrolladas la ocurrencia de una sequía agrícola implica el inicio de una socioeconómica, dada la mayor dependencia de la economía de estas regiones al sector agrícola; así, toda sequía socioeconómica está ligada a cualquier efecto ocasionado por los otros tipos de sequía, mientras se vean implicados la economía y la sociedad (Wilhite et al. 2014).

1.4 CAUSAS DE LA SEQUÍA

La ocurrencia de las sequías está relacionada con elementos tanto naturales como antropogénicos. El primer grupo se refiere a alteraciones en los patrones de circulación atmosférica, modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura superficial de los océanos; y las llamadas causas antropogénicas referidas a la deforestación, quema de combustibles fósiles, pérdida de la biodiversidad, cambios de uso del suelo y toda aquella actividad humana que provoca variaciones en la distribución espacio temporal de las lluvias. (CENAPRED 2002, Morales 2005, Ortega 2012).

El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El Niño-Oscilación del Sur es el conjunto más poderoso de variaciones atmosféricas y oceánicas en la región del océano Pacífico ecuatorial (Carvajal y Puertas 2008). Consistente en variaciones importantes de la presión atmosférica (Oscilación del Sur) y de la temperatura en la superficie del mar (El Niño en la fase cálida o La Niña, en la fase fría). En la Figura 1, se muestra la evolución de El Niño para octubre de 2015.

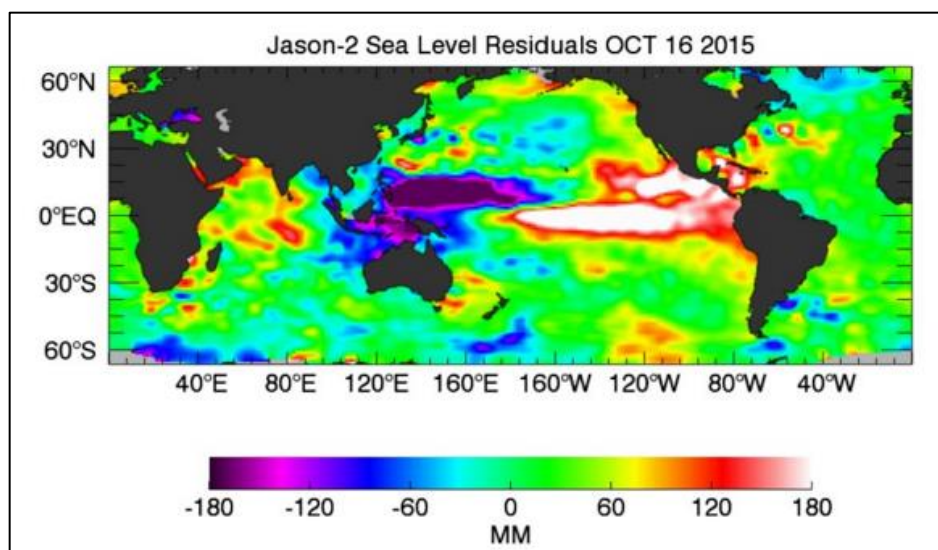


Figura1. Evolución de El Niño para octubre de 2015. Tomado de:
<https://sealevel.jpl.nasa.gov/science/elninopdo/latestdata/>

En Colombia la ocurrencia de la fase cálida del evento, trae consigo déficits de lluvias e incrementos en la temperatura en las regiones Caribe y Andina (Carvajal y Puertas 2008, IDEAM 2011), y una gran porción del territorio es sensible a sus efectos de disminución o aumento de la oferta y de amenaza de eventos, como inundaciones y sequías (IDEAM 2010, Banco Mundial 2012).

1.5 IMPACTOS DE LA SEQUÍA

El agua representa el recurso a partir del cual se sustenta la vida en el planeta. Esta molécula esencial es imprescindible para el desarrollo de los ecosistemas, las economías y la sociedad humana; su escasez, está relacionada con efectos en la producción de alimentos, las reservas de agua en el suelo, la vida silvestre y en general con la posibilidad de cualquier forma de vida en un lugar determinado (Ortega 2012). Al considerar la sequía como un fenómeno extremo, es importante analizar y evaluar los impactos directos e indirectos y las relaciones que son afectadas para tener una mejor visión de sus alcances.

Luego, los impactos ocasionados por la sequía pueden ser resumidos bajo tres aspectos: económicos, sociales y ambientales (Ortega y Velasco 2013).

La FAO (2015) estima que las pérdidas económicas producidas por sequías entre 2003 y 2013 alcanzaron los 23,5 billones de dólares, afectando a un promedio anual de 9,6 millones de personas, sólo en el África.

Los impactos sobre el medio ambiente, en especial cuando las sequías son prolongadas, no se puede menospreciar: aumenta la contaminación de los ríos, al no poseer la misma capacidad de autodepuración; la erosión de los suelos, desprotegidos por la ausencia de cobertura vegetal; la contaminación del aire, por la cantidad de polvo y material particulado liberado a causa de la falta de precipitaciones (Pita 1989); incrementa la frecuencia de incendios forestales y causa desequilibrios en el ciclo de vida de muchas especies de peces, migraciones forzadas, pérdida parcial o total de sus hábitats y muertes (Miyán 2014).

Todas estas alteraciones sobre el medio ambiente acompañadas de la acción humana son un factor detonante de la desertización con todas las consecuencias nefastas que acarrea para la biodiversidad, el paisaje, los recursos naturales y las comunidades humanas amenazadas (SIAC 2015).

1.6 MÉTODOS CUANTITATIVOS DE ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA

El análisis de la amenaza por sequía implica en primera instancia el conocimiento físico del fenómeno natural a partir de la información recolectada a través del tiempo; el siguiente paso es determinar los escenarios críticos o eventos más desfavorables que pueden ocurrir en un área de interés con base a los resultados de la fase anterior (LA RED 1997, CENAPRED 2001). Para el estudio del fenómeno los investigadores han desarrollado y utilizado por años los llamados índices de sequía (Rivera 2014, Morid et al. 2006). Mientras que, la estimación de las probabilidades de ocurrencia de eventos de determinada intensidad, se basan en el uso de las herramientas estadísticas. A continuación, se realiza una breve descripción de los mismos.

1.6.1 Índices de sequía

Los índices de sequía son indicadores indirectos basados en información climática (Vicente-Serrano et al. 2012), que permiten analizar el fenómeno de la sequía objetiva y cuantitativamente a partir de variables meteorológicas.

“Los índices de sequía se fundamentan en un análisis estadístico de información meteorológica que permite la identificación del evento, su intensidad, duración, frecuencia y distribución geográfica” (Morales 2005)

Sin embargo, no suele utilizarse un único índice para tal fin dada las limitaciones que presentan bien sea en las variables meteorológicas que utilizan o por las escalas de

tiempo a las que responden (Rivera 2014). Los índices que a continuación se describen tienen una característica en común, y es su capacidad de ser calculados para varias escalas de tiempo solo con datos de precipitación, por ende, permiten reflejar los impactos de la sequía en diferentes sistemas y la naturaleza multiescalar de la misma (CRC-SAS 2015).

- **Índice Estandarizado de Precipitación (SPI):** Considera la precipitación como variable única para determinar si en una región y en un período hay déficit o exceso de precipitación respecto a las condiciones normales. El cálculo se basa en el uso de registros de precipitación mensual de un lugar, ajustados a una función de distribución teórica. Posteriormente, se transforman a una distribución de probabilidad normal estandarizada, de tal modo que el valor medio del SPI, para ese lugar, es cero y varianza uno (Rivera et al. 2007).

Los valores del SPI representan el número de desviaciones estándar que cada observación mensual se aleja de su promedio histórico, representado por el cero, los valores negativos representan el déficit de la precipitación y los positivos el excedente (Nuñez et al. 2007).

A pesar de la simplicidad de su cálculo y de la capacidad que posee de identificar los impactos de la sequía en diferentes escenarios; Núñez et al. (2005), señalan que el SPI posee ciertas limitaciones, como: la calidad de los datos de precipitación utilizados, la imposibilidad del índice de identificar regiones más propensas a la aparición de sequías que otras y la obtención de resultados erróneos cuando se trabaja con escalas de tiempo corto (1 a 3 meses), que pueden conllevar a inadecuadas interpretaciones.

- **Porcentaje de Precipitación Normalizada (PPN):** O porcentaje de precipitación media, se expresa mediante el cociente de la precipitación total registrada en un período determinado y la precipitación media (generalmente por un período de 30 años) del mismo período de tiempo de referencia, expresado en porcentaje (Valiente 2001).

Los valores porcentuales estimados para cada escala de tiempo analizada, indican el déficit (valores negativos) y el excedente (valores positivos) en la precipitación ocurrida.

Por su parte, valores porcentuales próximos a cero corresponden a valores cercanos al promedio histórico.

Una de las limitaciones que presenta este índice consiste en su incapacidad de establecer los límites a partir de los cuales se establece una situación de sequía, puesto que el porcentaje de desviación escogido para una región no es aplicable a otra.

- **Método de los Deciles:** El método consiste en dividir los datos de precipitación en deciles. Así, el primer decil es la cantidad de lluvia no excedida por el 10% de los totales más bajos, hasta llegar al último decil que será la cantidad de lluvia más alta dentro del registro (Morales 2005). Al ser valores totalmente referenciados en la serie pluviométrica ofrecen unos límites más cercanos a la realidad climática del área estudiada (Valiente 2001).

De acuerdo a Hurtado y Cadena (2002), este índice puede ser aplicado a series no distribuidas normalmente y facilitar el monitoreo de la oferta de agua. Mientras que, es inapropiado usarlo en series con longitudes inferiores a 30 años.

1.6.2 Análisis de Frecuencia

Para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un período de exposición, es necesario contar con información, la más completa posible, acerca del número de eventos que han ocurrido en el pasado y acerca de la intensidad que tuvieron los mismos (La Red 1997).

Desde la hidrología probabilística, se utiliza un procedimiento que se conoce como análisis de frecuencia, cuyo objetivo es precisamente estimar la probabilidad de ocurrencia de los eventos mínimos de determinada magnitud, a través del uso de funciones de distribución de probabilidad (UNESCO 2010). Las funciones de distribución de probabilidad (FDP) son funciones teóricas que asignan una probabilidad a cada evento definido sobre una variable aleatoria (Cornejo 2011).

La probabilidad suele expresarse en términos del período de retorno $T(x)$, que para un valor dado de x , se define como el intervalo medio de años de probabilidad de que se

produzca un valor mínimo de precipitación de magnitud mayor o igual que x . La relación entre la probabilidad P y el período de retorno $T(x)$ viene dada por:

$$T(x) = \frac{1}{P(X)}$$

Las funciones de distribución comúnmente usadas en el análisis de frecuencia de eventos mínimos son: Normal, Log-Normal, Gamma o Pearson Tipo III, distribución de valores extremos tipo I (Gumbel), entre otras (Aparicio 1997).

La fd Gumbel se basa en el cálculo de la serie de mínimos anuales (para este caso, ya que también puede emplearse para calcular la serie de máximos anuales), o conjunto de valores mínimos anuales de precipitación registrados durante un período de tiempo determinado. La fd de Gumbel tiene la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-y}}$$

donde $F(x)$ corresponde a la función de distribución, e es la base de los logaritmos neperianos; y la variable reducida cuyos valores pueden calcularse en función de la media y la desviación típica de una serie de valores extremos.

1.7 LA SEQUÍA DENTRO DE LA GESTIÓN DEL RIESGO

Las advertencias divulgadas por múltiples estudios resumidos por el IPCC (2007), acerca de las fatídicas consecuencias del cambio climático, en cuanto a un aumento alarmante en la frecuencia e intensidad de desastres naturales, han tomado fuerza en las últimas décadas por la gran cantidad de desastres ocurridos alrededor del globo; de hecho el número de desastres hidrometeorológicos (inundaciones y sequías) se ha duplicado desde 1996 (UNESCO 2003), y sus exorbitantes pérdidas humanas y económicas, también. Ejemplo de ello han sido las sequías que han afectado a 27 países del África sub-sahariana entre 2003 y 2013, los 78 desastres naturales ocurridos en Filipinas para el mismo período, en su mayoría inundaciones (FAO 2015), las intensas olas de calor y sequía registradas en toda Europa durante el 2003 y en el sudeste australiano y Argentina entre 2008 y 2009 (Sivakumar et al. 2010).

De acuerdo con Shahid et al. (2008) citado en Hungsoo et al. (2013) el riesgo de sequía depende de una combinación de la naturaleza física de la amenaza y el grado en que una población o actividad es vulnerable a los efectos de la misma.

La sequía difiere de otras amenazas naturales precisamente por sus características intrínsecas (Sivakumar et al. 2010, CENAPRED 2014): lenta aparición y evolución, duración de años e incluso décadas, daños no estructurales con gran cobertura espacial y además, la falta de una definición universal; que dificultan el desarrollo de metodologías que permitan cuantificar sus impactos, monitorear sus parámetros, comunicar de forma oportuna a la población amenazada, formular acciones encaminadas a evitar desastres, y en general, realizar una adecuada administración de los recursos hídricos (OMM 2006, Wilhite et al. 2014).

En este sentido, las sequías son catalogadas como uno de los peligros naturales más devastadores (Loaiza 2014), aunque para algunos autores (Méndez 2010, Wilhite et al. 2014) se trata de una amenaza natural que no representa en sí misma un desastre, sino que más bien depende de la capacidad de gestión, uso y manejo sobre el recurso hídrico (Velasco et al. 2005), convirtiéndolo en un desastre, no por la escasez natural del agua, sino por la confluencia de diversos factores antropogénicos.

Amenaza natural o no, la sequía en muchas regiones del mundo es rememorada por los dramáticos episodios que ha dejado a lo largo de la historia (Miyan 2014), por factores asociados no solo a la amenaza sino a su vulnerabilidad; según Méndez (2010) esta tiene una relación inversa al grado de desarrollo económico y social de las áreas afectadas. Pues no es lo mismo hablar de una sequía en las inadvertidas regiones rurales de Colombia a referirse de sus secuelas en los adaptados campos de los Estados Unidos, país que ha sido ampliamente azotado por la sequía y, como es de esperarse, ha desarrollado avances importantes en la formulación de políticas y estrategias nacionales para gestionar esta amenaza de forma adecuada (Wilhite et al. 2014), contrario a lo que ocurre en nuestro país y en muchas regiones del mundo en donde el fenómeno es subestimado y cuyas poblaciones y actividades económicas altamente dependientes del recurso hídrico se han tornado vulnerables ante la ocurrencia de estos eventos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los pasos del presente estudio se muestran en la figura 2 (Esquema metodológico), correspondientes a tres grandes etapas: La primera, corresponde a los estudios previos realizados a la información climatológica obtenida. La segunda a la caracterización del fenómeno de la sequía a nivel departamental, y la tercera se refiere a la evaluación de la amenaza en el área de estudio.

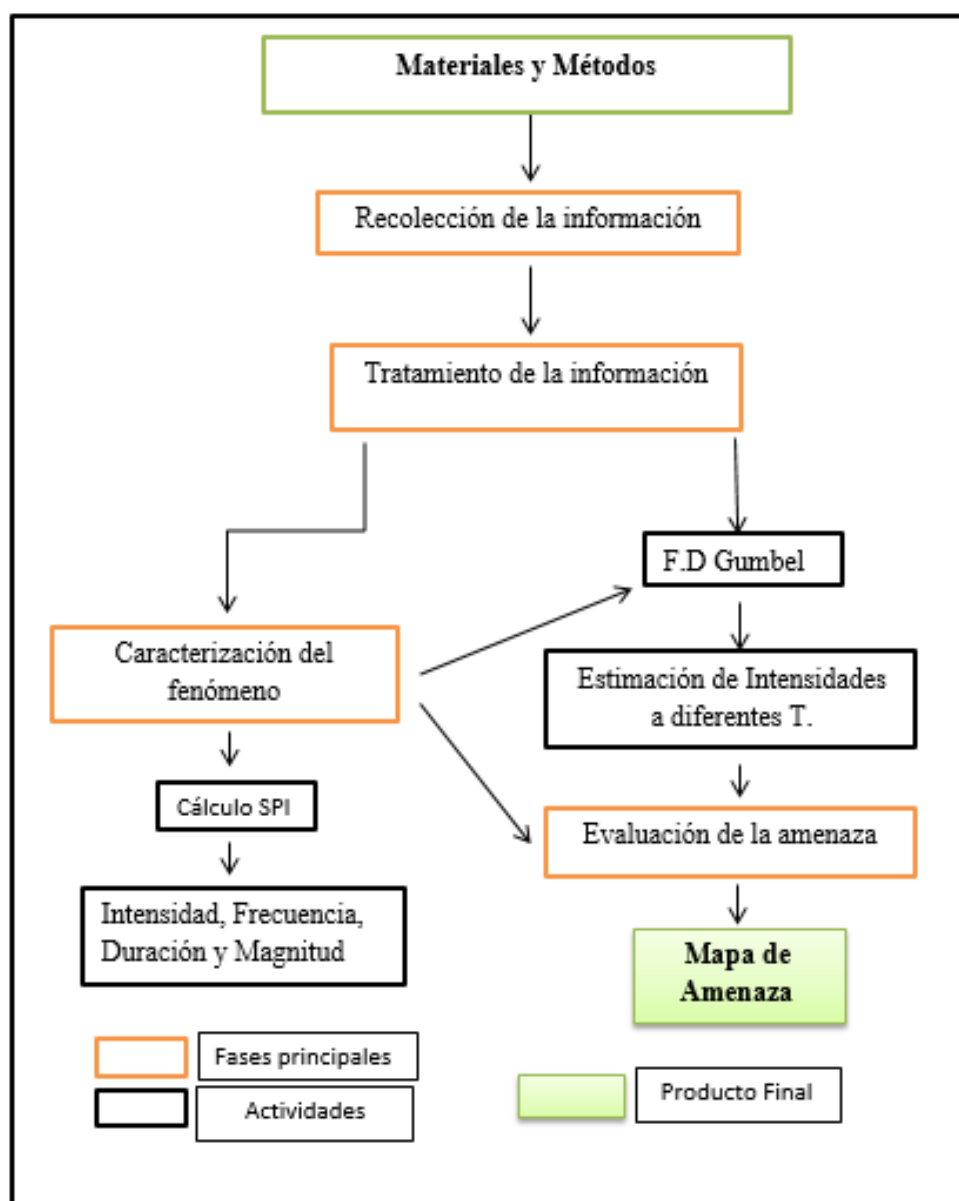


Figura 2. Esquema metodológico. Fuente: Elaboración propia.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN DE ESTUDIO

El departamento de Córdoba está situado al noroeste de la República de Colombia, entre los 7° 22' y 9° 26' de latitud norte y los 74° 47' y 76° 30' de latitud oeste, posee una extensión de 25.058 km² y una población aproximada de 1'600.000 habitantes. La agricultura y la ganadería son los principales sectores de la economía cordobesa.

Su relieve está conformado por las estribaciones de la cordillera occidental que al entrar en el departamento se divide en las serranías de Abibe, San Jerónimo y Ayapel, formando una zona montañosa, al sur, y una zona plana, al norte.

El departamento de Córdoba es un territorio rico en el recurso hídrico, posee tres ríos principales: el río Sinú, el río San Jorge y el río Canalete; múltiples ciénagas entre las que cabe destacar las Ciénaga Grande de Lórica, la Ciénaga de Betancí y la Ciénaga de Ayapel; arroyos y riachuelos. (PNUD-UNGRD y PDGR 2012).

El territorio cordobés se caracteriza por la complejidad en sus condiciones climáticas, debido a la interrelación entre los elementos climatológicos, la vegetación, el suelo y los recursos hídricos (Palencia, Mercado, & Combatt, 2006). Estas complejas relaciones influyen en la distribución espacial del recurso que en el departamento no es equitativo, sino que, por el contrario, presenta subregiones claramente marcadas con altos excesos y déficits del mismo. Los sectores con valores de déficit de humedad más elevados (>700 mm/año), están localizados en el norte del departamento, mientras que para el sector sur los valores son de 250 mm/año (IGAC 2010, Gónima 2009).

La temperatura varía entre los 26,5 °C y los 28°C. En cuanto, a las precipitaciones estas siguen una marcada tendencia de distribución caracterizada por un aumento de las mismas de norte a sur, pasando de 1200 milímetros anuales en el norte del departamento, a valores máximos en el Nudo del Paramillo de 3600 milímetros anuales.

El departamento es subdividido en 6 subregiones por poseer características geográficas similares: Costanera, Bajo Sinú, Sinú Medio, Sabana, Alto Sinú y San Jorge (PNUD-UNGRD y PDGR 2012).

2.2 RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información utilizada es de carácter secundario, principalmente series de datos mensuales de precipitación y temperatura, suministrados por el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM), para un período promedio de 40 años de registro histórico, entre 1970 y 2012. Además, se complementó esta información con la incluida en la base de datos del estudio agroclimático del departamento de Córdoba (Palencia et al. 2006).

Inicialmente, se preseleccionaron 48 estaciones ubicadas dentro del área de interés, de las cuales, 40 fueron finalmente seleccionadas (ver figura 3), ya que cumplieron con los criterios de contar como mínimo con 30 años de registro y poseer no más del 15% de datos faltantes. Estos fueron completados utilizando la diferencia entre los promedios mensuales y multianuales de los años de registro, partiendo del hecho de que estaciones cuyos años tuvieran más de 6 meses sin información fueron considerados incompletos y por ende excluidos del estudio. Todo esto con el fin de contar con series de datos extensas y confiables.

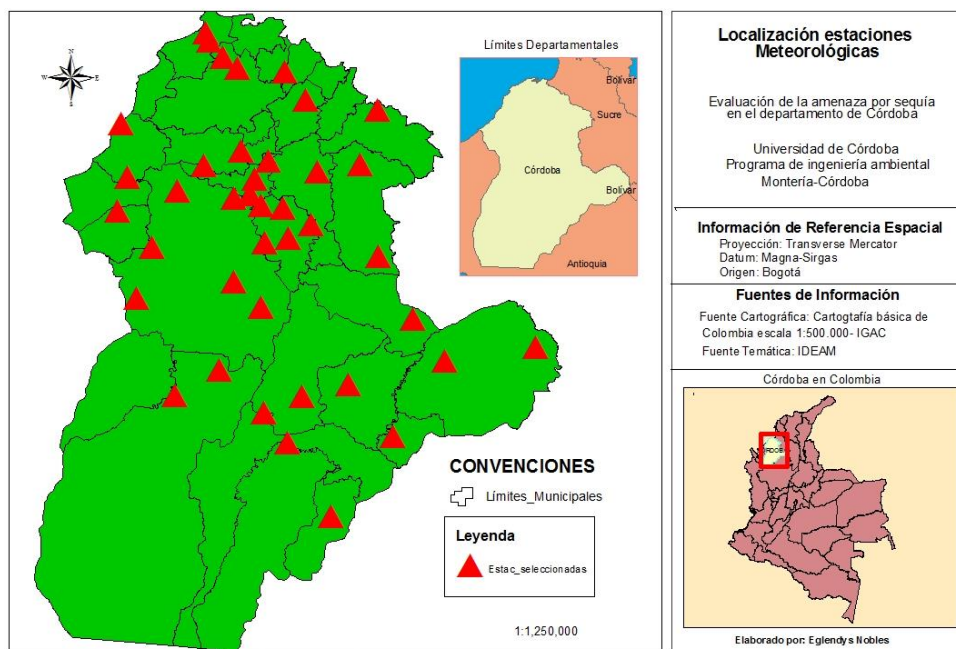


Figura 3. Localización de las estaciones de estudio seleccionadas. Fuente elaboración propia

2.3 TRATAMIENTO PRELIMINAR DE LOS DATOS SELECCIONADOS

Se realizó un análisis exploratorio de las series de datos mensuales por estación, utilizando herramientas pertenecientes a la estadística descriptiva, para identificar posibles tendencias de los datos, características en su estructura y valores atípicos u outliers.

El análisis confirmatorio comprendió la aplicación de la prueba no paramétrica de U Mann Whitney, con el fin de probar si las series de precipitación se ajustan a la distribución normal.

El tratamiento preliminar se realizó en el software libre R, un sistema para análisis estadístico y gráfico creado por Rosh Ihaka y Robert Gentleman, que se distribuye gratuitamente en la web y que puede ser descargado a través de: <http://www.r-project.org/>

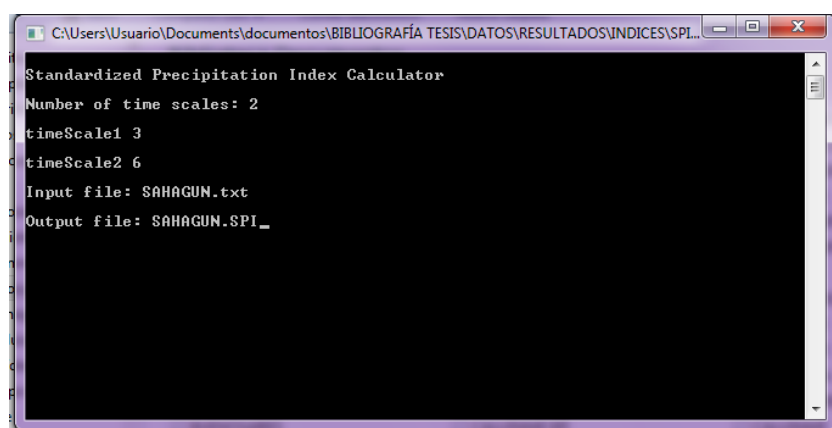
2.4 CÁLCULO DEL SPI

Previamente al cálculo del SPI se realizó un análisis visual de las series de precipitaciones mensuales, que permitieran identificar la distribución y concentración de las lluvias y los períodos secos en el departamento, con el propósito de escoger escalas de tiempo convenientes a los objetivos de este estudio. De este modo se realizaron gráficas de las medias móviles históricas de las 40 estaciones.

Luego, se organizaron los datos de precipitación mensual, seleccionados y homogeneizados, en las escalas de tiempo escogidas a través del paso anterior, conformando una base de datos en Microsoft Excel 2010, desde donde se pudo automatizar el cálculo de dichas agrupaciones mensuales de cada año y estación. Así, por ejemplo, el valor trimestral del mes de abril de 2010, correspondió a la suma de las precipitaciones de los meses de febrero, marzo y abril de ese año, hasta completar doce valores anuales. De la misma forma se procedió a calcular las otras escalas temporales.

Una vez organizada la base de datos a partir de las escalas de tiempo escogidas, se procedió a calcular los valores del índice SPI a través del SPI-6, un software

desarrollado y usado por el Centro Nacional de Mitigación de la Sequía de Estados Unidos (NDMC, por sus siglas en inglés), de fácil aplicación y que puede ser obtenido a través de su página web. Para poder usarlo, se organizaron los valores de las agrupaciones mensuales obtenidas anteriormente como valores enteros y se guardaron como archivos de texto (extensión .txt, usando bloc de notas), bajo la siguiente estructura: año, mes y valor de precipitación, junto con el nombre de la estación. Luego, se ejecutó el programa y se introdujeron el número de escalas a trabajar, las escalas correspondientes, el dato de entrada o Input y el dato de salida u Output, como se puede apreciar en la figura 4.

A screenshot of a Windows command prompt window titled "Standardized Precipitation Index Calculator". The window shows the following text: "Number of time scales: 2", "timeScale1 3", "timeScale2 6", "Input file: SAHAGUN.txt", and "Output file: SAHAGUN.SPI_". The window has a standard Windows title bar with minimize, maximize, and close buttons. The file path in the title bar is "C:\Users\Usuario\Documents\documentos\BIBLIOGRAFÍA TESIS\DATOS\RESULTADOS\INDICES\SPI_".

```
C:\Users\Usuario\Documents\documentos\BIBLIOGRAFÍA TESIS\DATOS\RESULTADOS\INDICES\SPI_
Standardized Precipitation Index Calculator
Number of time scales: 2
timeScale1 3
timeScale2 6
Input file: SAHAGUN.txt
Output file: SAHAGUN.SPI_
```

Figura 4. Ejecución del programa SPI-6. Tomada de: Autor.

2.5 CARACTERIZACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA SEQUÍA

Los parámetros analizados en el presente estudio, corresponden a la intensidad, frecuencia, duración y magnitud de los eventos mínimos. Para facilitar su identificación, se consideró indicio de sequía, aquellos valores que estuvieran por debajo del umbral definido para el SPI, que en este caso fue de -1 (Loaiza 2014, Olivares 2015, Zuluaga 2009).

La categorización de las intensidades de los valores arrojados por el SPI, vienen dadas por el sistema de clasificación definido por McKee et al. (1993), que se muestra en la tabla 1. Una vez clasificados estos valores se procedió a tomar el valor más crítico para

cada año, es decir el más pequeño, se promedió y se espacializó con ayuda del software ArcGis.

Tabla 1. Clasificación del SPI. Tomado de: McKee et al. (1993)

SPI	Categoría
>2	Extremadamente húmedo
1,5 a 1,99	Muy húmedo
1,0 a 1,49	Moderadamente húmedo
-0,99 a 0,99	Normal
-1,0 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Severamente seco
<-2	Extremadamente seco

La frecuencia de ocurrencia se estimó contabilizando el número de eventos en que los valores del SPI, caían dentro de alguno de los rangos establecidos para las intensidades de los eventos secos identificados; es decir, se estimó la frecuencia absoluta con que cualquier clase de intensidad de sequía, se presentaba por año/estación.

Respecto a la duración, se registró el número de meses consecutivos (mayor o igual a 3) en que el índice SPI cruzaba el umbral de -1 hacia abajo, descartando aquellos meses aislados que cumplieron con este criterio. De acuerdo con Rivera del río et al. (2007), meses secos y altamente frecuentes, pero aislados, no son un indicador de sequía. En el caso de la magnitud, ésta se calculó a partir de los valores de SPI con duración mayor o igual a tres meses, usando la siguiente expresión:

$$MS = - \sum_{i=1}^{12} SPI_i$$

Donde, MS , es la magnitud de la sequía para la escala temporal evaluada y SPI_i , es el valor del SPI de los meses afectados. Por tanto, la magnitud representa un valor positivo del déficit total de precipitación de los SPI durante los meses que ocurrió el evento.

2.6 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR SEQUÍA EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

2.6.1 Estimación de intensidades de sequía a diferentes períodos de retorno mediante el método de Gumbel

Se estimaron las intensidades de sequía asociadas a diferentes períodos de retorno, usando como función de distribución la Gumbel o extrema Tipo I (descrita en el apartado 1.5.1), a partir de los valores críticos escogidos de las 40 estaciones de estudio para cada año; entiéndase como críticos las intensidades máximas de períodos secos, es decir, los valores de SPI más alejados del cero en el plano cartesiano (en el anexo 4 se amplía este paso). Una vez seleccionados estos valores a ambas escalas temporales, estos se introdujeron en una hoja de Excel programada. Cuya estructura se puede ver en la figura 5:

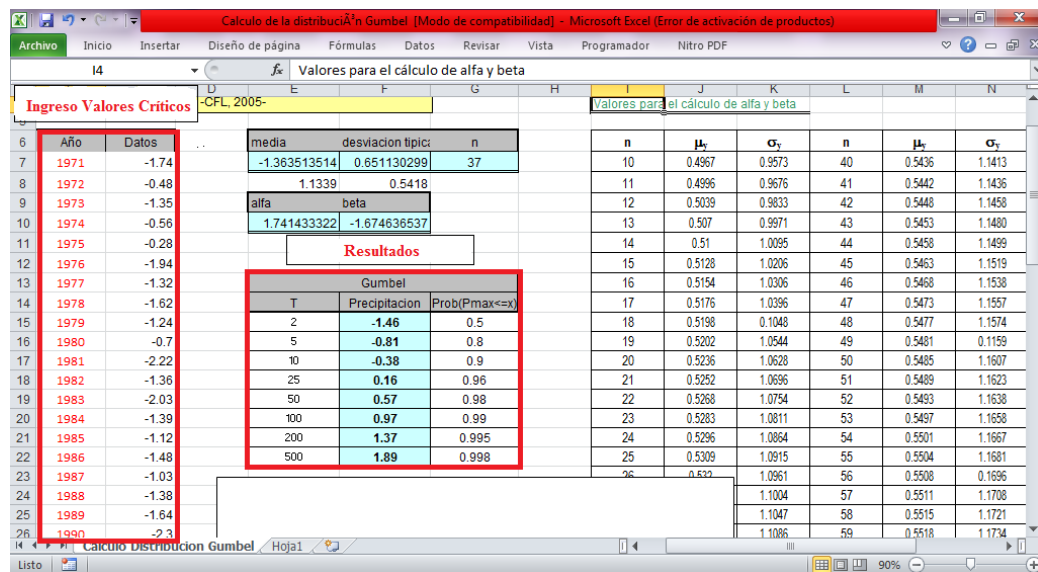


Figura 5. Hoja de cálculo usada para estimar probabilidades de ocurrencia y valores críticos a diferentes períodos de retorno. Tomada de: Autor.

2.6.2 Determinación de los niveles de amenaza

La evaluación de la amenaza en el presente estudio se hizo bajo un enfoque hidrológico probabilístico y se tomó como referencia la metodología propuesta en el documento técnico denominado: *Sequía Meteorológica. Mapas de Amenazas. Recomendaciones técnicas para su elaboración*. Producto del proyecto Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales (MET-ALARN) ejecutado por INETER y COSUDE (2005), cuyo propósito fue elaborar una metodología para evaluar la amenaza por sequía meteorológica a partir de dos criterios (resumidos en la tabla 2): la intensidad, obtenida mediante el Índice de Desviación de la Precipitación (IDP) y la probabilidad de ocurrencia de los eventos identificados, determinada por la expresión: $P=m/n+1$.

Tabla 2. Criterios de evaluación de la amenaza por sequía meteorológica

VARIABLE	CRITERIOS	CATEGORÍA
INTENSIDAD	Déficit de -15% y -30%	DÉBIL
	Déficit de -30% y -45%	MODERADO
	Déficit >-45%	SEVERO
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Mayor del 45%	ALTA
	Entre 45% y 30%	MEDIA
	Entre 30% y 15%	BAJA

Tomada de INETER (2005).

Para el presente estudio estos métodos fueron sustituidos por el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y por la función de distribución Gumbel, descritos anteriormente; debido a que el SPI es un referente a nivel internacional en el estudio de las sequías mientras que, la FD de Gumbel nos permite hacer un análisis de los eventos a partir de la Teoría de Valores Extremos.

En la figura 6 se muestran los grados de amenaza por sequía establecido por los autores, en función de la intensidad y la probabilidad de ocurrencia.

Amenaza por sequía meteorológica				
		Intensidad (déficit)		
		> 45%	> 30 < 45%	15 - 30%
Probabilidad	> 45 %	Alta	Alta	Media
	> 30 < 45%	Media	Media	Baja
	15 - 30%	Media	Baja	Baja
	< 15%			

Figura 6. Niveles de amenaza por sequías. Tomada de: INETER y COSUDE (2005)

Los niveles de amenaza se determinaron teniendo en cuenta dos variables: las intensidades críticas de las sequías y sus períodos de retorno. A cada una de estas se les asignaron criterios, para definir los niveles de amenazas correspondientes.

Espacialización de la amenaza

Con los resultados obtenidos de la fase anterior, se realizaron mapas de las intensidades estimadas para períodos de retorno de 2 y 100 años, considerando la importancia del componente espacial en la evaluación de la amenaza. Usando el método de interpolación espacial Kriging e implementando la herramienta de Geostatistical Analyst del software ArcGIS 9.3.

Kriging está basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación (ESRI 2015).

Kriging es un proceso que tiene varios pasos, entre los que se incluyen, el análisis estadístico exploratorio de los datos, el modelado de variogramas y la creación de la superficie (Cely et al. 2012)

3.RESULTADOS Y DISCUSIONES

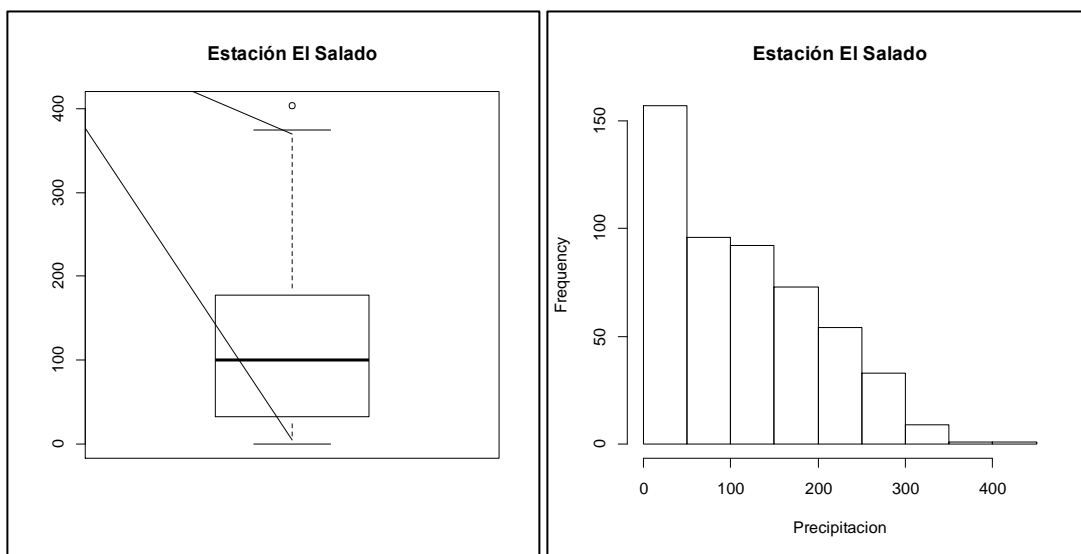
3.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO Y CONFIRMATORIO DE DATOS

Para tener una primera aproximación del posible comportamiento de las series de datos mensuales de precipitación en las estaciones seleccionadas, el análisis exploratorio y confirmatorio se estructuró en dos partes: gráfico y analítico.

3.1.1 Análisis gráfico

El análisis gráfico permitió obtener información significativa de los datos de precipitación de las 40 estaciones de trabajo, hacer comparaciones entre ellas y extraer características generales como: asimetría, variabilidad y outliers; por medio de la implementación de técnicas visuales.

La forma que exhiben tanto los histogramas como los boxplots, con una cola bien marcada hacia la derecha y el característico pico extremo hacia la izquierda, de los primeros, y los bigotes de longitud desigual, de los segundos; indican el sesgo positivo de la distribución de datos. En la gráfica 1, se muestra como ejemplo típico de estos resultados, el diagrama de caja y el histograma de la estación El Salado.



Gráfica 1. Boxplot (izquierda) e histograma (derecha) de la estación el Salado.

Este comportamiento generalizado se debe a la mayor frecuencia de valores extremos mínimos, es decir, a la mayor concentración de las precipitaciones mínimas y a la dispersión de las máximas; que son evidenciadas en la gran amplitud de las cajas de los

boxplots y a la presencia de valores atípicos por encima de los máximos de precipitación.

Es de destacar estaciones como Boca de la Ceiba y Uré que muestran una distribución más bien, bimodal; como se puede apreciar en el anexo 2.

3.1.2 Análisis analítico

La tabla 3 resume los valores de los estadísticos descriptivos obtenidos para estaciones de muestra. Se puede notar la tendencia que exhibe la media con respecto a la mediana, tomando valores ligeramente mayores a esta última, prueba de la concentración de los datos más hacia un extremo que al otro.

Tabla 3. Resumen de estadísticos descriptivos de estaciones de referencia.

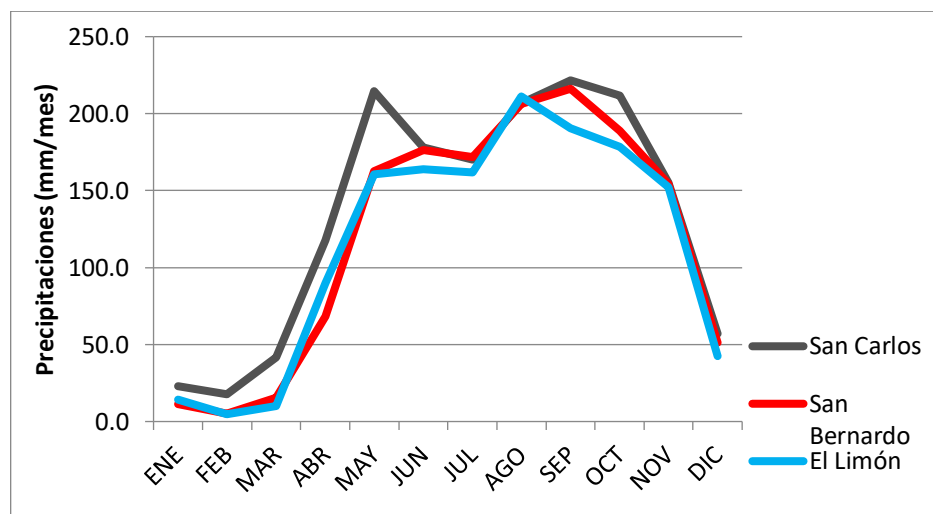
Estación	Media	Mediana	Varianza	Desv. Estandar	Coef. Variación
Los Pájaros	252,4	237,4	42264,7	205,6	81,5
Boca de La Ceiba	116,8	108	8999,5	94,9	81,2
Buenavista	201,0	176	29174,5	170,8	85,0
La Apartada	159,6	137,5	17623,6	132,8	83,2
Callemar	132,1	123	10550,4	102,7	77,7
Canalete	119,0	121	8004,4	89,5	75,2
Chimá	103,0	93,5	6472,0	80,4	78,1
Cristo Rey	124,2	120,3	10936,2	104,6	84,2
Caramelo	128,6	121,5	8799,5	93,8	72,9
Lorica	101,2	97,7	6197,3	78,7	77,8
Uré	240,5	243,9	24952,1	158,0	65,7
Tierralta	138,4	133	10111,6	100,6	72,7

El promedio de precipitaciones mensuales en el departamento, oscila entre 252,4 mm para la estación Los Pájaros y 101,2 mm para la estación Lorica. El comportamiento espacial de estos valores muestra que las zonas con bajas precipitaciones se ubican en los municipios del norte sobre las regiones costera y de sabana del departamento, zonas fuertemente intervenidas por el hombre, que han provocado graves conflictos en el uso del suelo y conllevado a una reducción en las precipitaciones (Gónima 2009), mientras que los valores superiores se ubican en el sur-oeste (Ayapel) sobre la región montañosa

o quebrada, conformada por las estribaciones de la serranía de San Jerónimo y Ayapel, siendo esta última la responsable de las máximas precipitaciones registradas en nuestra base de datos para la estación Los Pájaros.

Los altos valores del coeficiente de variación ($>65\%$) indican claramente la alta heterogeneidad de los datos a pesar de su alta concentración hacia el límite inferior de la serie; los mayores CV se encontraron para las estaciones de San Bernardo del Viento, El Limón y San Carlos (85.1, 90.9 y 91.4, respectivamente), en donde se registran hasta tres meses sin precipitación contrastados con precipitaciones de intensidad fuerte durante la época de lluvias (Ver gráfica 2), provocando la variabilidad obtenida.

Estos resultados confirman la inspección realizada a través de los histogramas y diagramas de caja, en el paso anterior.



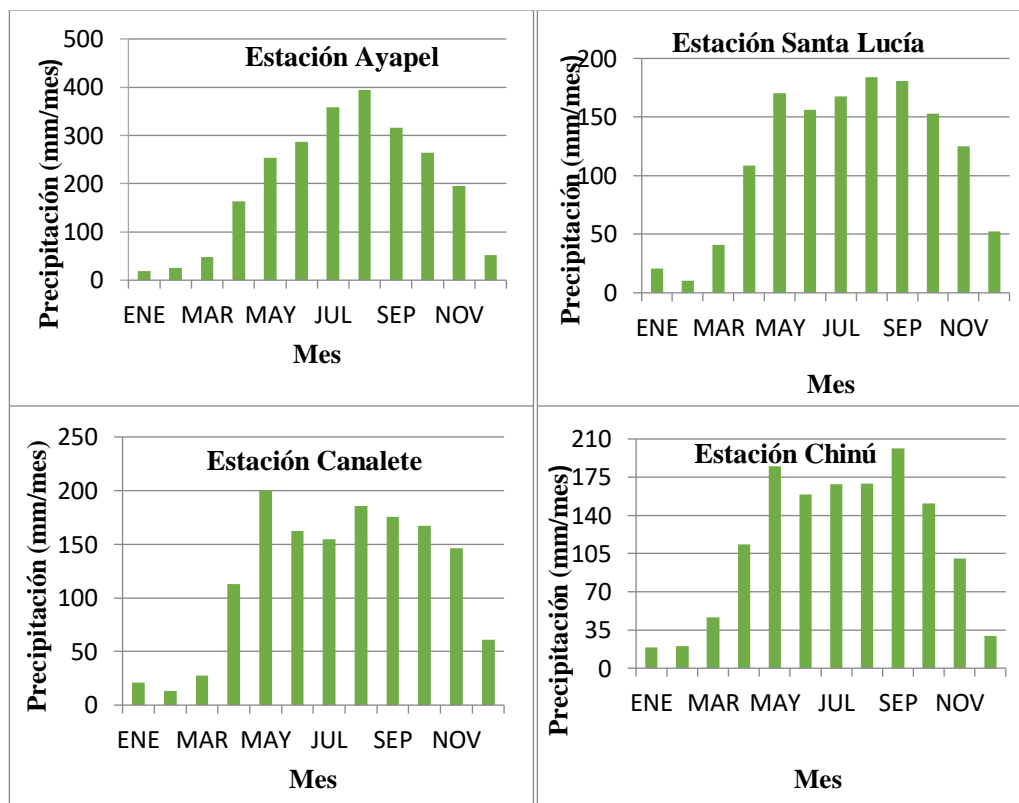
Gráfica 2. Distribución de las precipitaciones mensuales de las estaciones San Carlos, San Bernardo del Viento y El Limón. Tomada de: Autor.

El análisis confirmatorio se hizo con base a los supuestos de la prueba no paramétrica. En este caso se eligió el test de Wilcoxon, cuya hipótesis nula (H_0) considera que las dos muestras proceden de poblaciones continuas idénticas, en el anexo 3 se pueden apreciar los valores de significancia (P-value) arrojados por la prueba menores a 0,05 lo que nos faculta para rechazar la H_0 .

Los resultados de la prueba no paramétrica, presentados en el anexo 3 permiten identificar aquellas estaciones que no rechazan la H_0 , es decir datos independientes que provienen de la misma población ($P>0,05$). Por ejemplo, para la estación Chimá las estaciones Boca de la Ceiba, Callemar, Carrillo, Carrizal, Cereté, Chinú, Coroza 2, El Limón, El Salado, Hda Santa Cruz, Jaramagal, La Doctrina, Loma Verde, Lórica, San Bernardo del Viento, Santa Lucía y Turipaná, provienen de la misma población.

3.2 ANÁLISIS VISUAL DE LAS PRECIPITACIONES EN EL DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

En la gráfica 3 se pueden diferenciar claramente meses de bajas y altas precipitaciones promedios, siendo una constante de lluvias mínimas (incluso nulas), los meses de diciembre, enero, febrero y marzo; contrario a mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre que concentran la mayor cantidad de precipitaciones que han ocurrido durante los años de análisis.



Gráfica 3: Precipitación promedio histórica mensual. Tomada de: Autor

Sin embargo, estaciones como Canalete y Chinú muestran, además, bajas en las precipitaciones durante los meses de junio y julio, así como diciembre, enero y febrero, reflejando la existencia de dos épocas secas y dos lluviosas.

En este sentido se puede deducir que en el departamento existen diferencias en la duración del período seco, con una permanencia promedio de tres meses, al sur, y un período seco de seis meses, al norte. Estos resultados están de acuerdo con lo establecido por el IGAC (2009), en su estudio general de suelos y zonificación de tierras para el departamento de Córdoba; así como los obtenidos por Diez (1992) citado por Palencia et al. (2006).

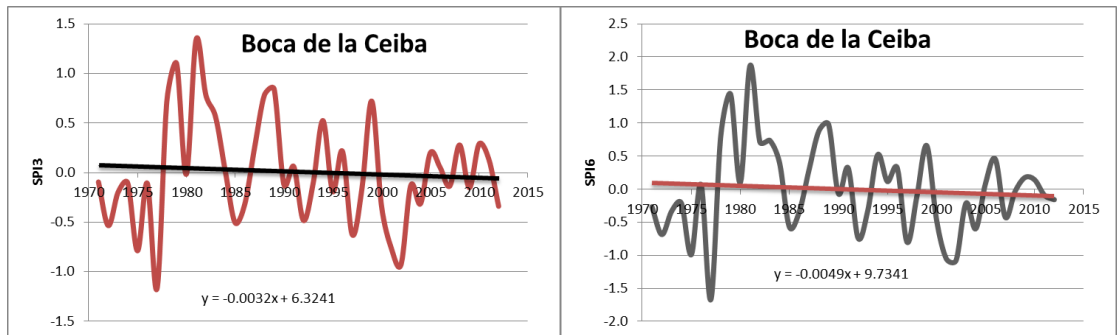
Luego, las escalas de trabajo seleccionadas fueron las de 3 y 6 meses, debido a las características climáticas del Departamento analizadas previamente y, atendiendo al carácter multiescalar de las sequías, es decir se escogieron estas agrupaciones con el fin de analizar el fenómeno e identificar sus posibles impactos en la disponibilidad del recurso hídrico en diferentes sistemas (río, cultivos), a través del tiempo. Las afectaciones sobre estos sistemas varían de acuerdo al tiempo transcurrido entre el inicio del déficit hídrico hasta su final (duración). En el caso del SPI, las escalas cortas (1 a 6 meses) están relacionadas con sequías meteorológicas y agrícolas, mientras que las sequías hidrológicas y socioeconómicas responden a escalas largas, entre 6 y 24 meses (OMM 2012). En particular, identificar y conocer los eventos secos de tipo meteorológico que han acontecido en el Departamento.

3.3 CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE LAS SEQUÍAS

Un episodio de sequía bien puede ser detallado por medio de sus características principales, no solo basta con conocer su intensidad, es necesario integrar todos los parámetros que sean posibles cuantificar (duración, frecuencia, magnitud, extensión espacial, entre otros).

Las intensidades de los eventos secos se analizaron a partir de los promedios mensuales del SPI. En general, las estaciones presentan una tendencia positiva (Ver anexo 1). La gráfica 4, representa como ejemplo, el comportamiento contrario de la estación Boca de

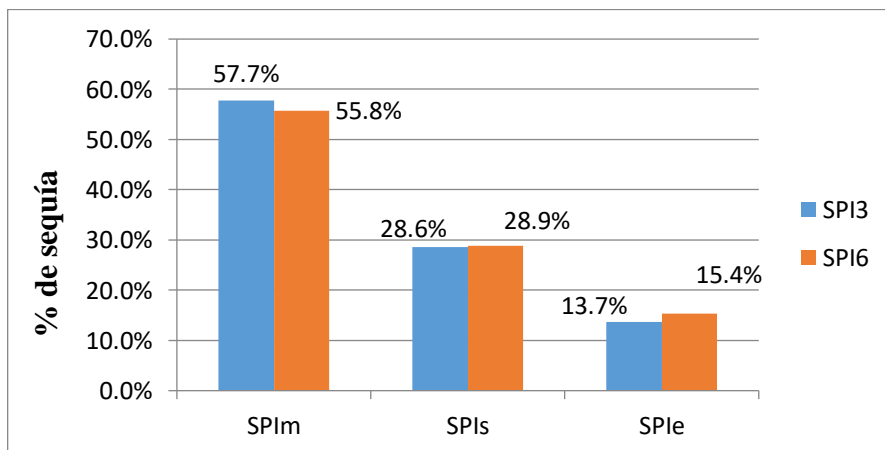
la Ceiba, cuya pendiente es negativa, demostrando una reducción de las lluvias durante los últimos años de registro.



Gráfica 4. Tendencia del SPI para la estación Boca de la Ceiba.

La representación espacial de las intensidades promedios en el departamento (ampliado en el anexo 2), no revelan variaciones importantes, sino más bien una zona homogénea (95% del territorio), bajo la categoría de sequía moderada y solo una franja con características de sequía ligera, como se muestra en el mapa 1.

La frecuencia de dichas intensidades muestra que, tanto para la agrupación trimestral como semestral, la sequía que más se ha presentado es la moderada, representando un 57.7% y 55.8% respectivamente, del total de sucesos de sequía identificados por el SPI3 y SPI6.

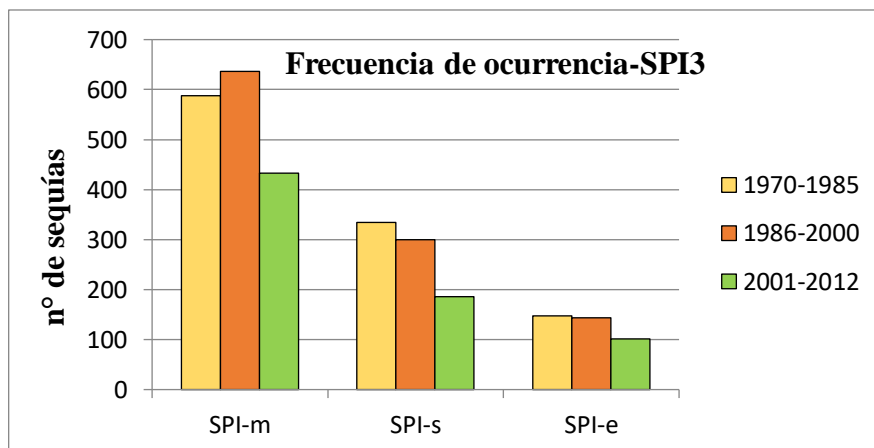


Gráfica 5. Porcentaje de sequía para ambas escalas de tiempo. Tomada de: Autor

A diferencia de estas, las sequías extremas representan un bajo porcentaje con respecto al total de sequías identificadas por el SPI, siendo mayor el número de eventos secos contabilizados para la escala semestral. De acuerdo a Loaiza (2014) y Olivares (2015), las sequías de intensidad extrema están asociadas a duraciones de varias agrupaciones temporales consecutivas, lo que puede explicar tal comportamiento. En cuanto al número de sequías de categoría severas, este permanece casi igual para ambas escalas de tiempo (como se puede apreciar en la gráfica 5).

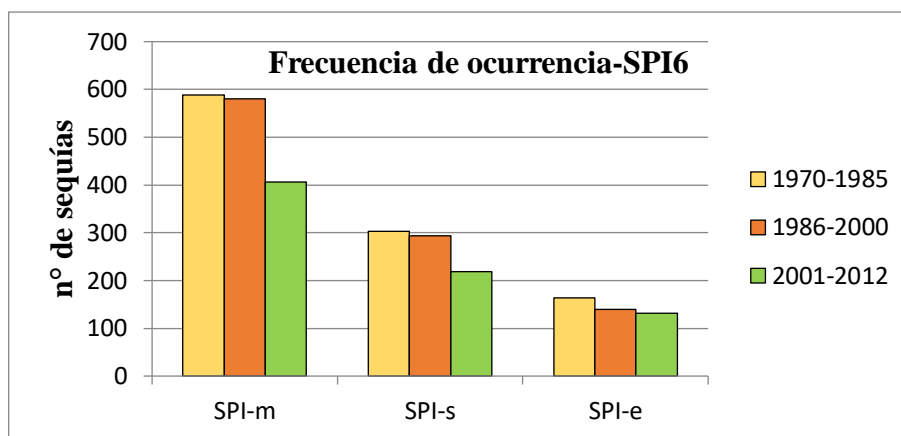
Con el propósito de analizar temporalmente la intensidad y la frecuencia de las sequías se dividió el período de estudio en tres: 1970-1985 (15 años), 1986-2000 (15 años) y 2001-2012 (12 años).

En la gráfica 6 se puede observar, a escala trimestral, la mayor frecuencia de ocurrencia de la sequía moderada para el subperíodo 1986-2000. Sin embargo, para las sequías severas y extremas la mayor frecuencia ocurrió durante el subperíodo 1970-1985. Este desacuerdo entre los resultados a esta agrupación temporal, no permiten indicar que subperíodo concentró mayor número de períodos secos.



Gráfica 6. Frecuencia de ocurrencia de los subperíodos 1970-1985, 1986-2000 y 2001-2012 para SPI3. Tomada de: Autor

Todo lo contrario, sucede a escala semestral (ver gráfica 7), donde se advierte ligeramente que el subperíodo 1970-1985 fue el más seco del registro histórico en estudio.



Gráfica 7. Frecuencia de ocurrencia de los subperíodos 1970-1985, 1986-2000 y 2001-2012 para SPI6. Tomada de: Autor

Un comportamiento similar para ambas escalas de tiempo, se aprecia sobre el subperíodo 2001-2012 al aportar solo un 25% y 27% del total de sequías identificadas para SPI3 y SPI6, respectivamente, indicando una disminución significativa de la frecuencia de sequías a través del tiempo.

En general, se contabilizaron 2871 eventos secos para el SPI3 y 2823 para el SPI6 con respecto al número total de casos posibles, (12 agrupaciones mensuales x 40 estaciones x 40 años, para un total de 19200 casos posibles de sequía, un mes en cada estación representa un caso posible), obteniéndose un porcentaje de tan solo 15% y 14,7% para toda la serie de registro histórica del Departamento. Este hecho puede ser una prueba de la poca o nula atención que recibe este fenómeno natural en el área de estudio, que a lo largo de la historia del Departamento no provoca impactos de la magnitud de otros fenómenos como las inundaciones (la tercera parte de los desastres son causados por inundaciones), lo que no implica su identificación y ocurrencia en el departamento principalmente en las subregiones de sabana y el bajo Sinú (PNUD-UNGRD y PDGR 2012).

Anteriormente se ha descrito la sequía en función de las intensidades obtenidas por el SPI y su frecuencia de ocurrencia. A continuación, se define el fenómeno teniendo en cuenta su duración y magnitud, además de los dos parámetros ya analizados.

Las sequías en el departamento de Córdoba tienen una duración promedio entre 4 y 5 meses, según sea la escala trimestral o semestral (en el Anexo 3 se tabulan estos valores). En la tabla 4, se resumen las 10 duraciones más importantes para el departamento de Córdoba. De acuerdo con Zuluaga (2009), estos dos parámetros tienen un vínculo muy estrecho, de forma tal que eventos duraderos de baja magnitud pueden tener efectos equivalentes a los de gran magnitud, pero de menor duración.

Tabla 4. Duraciones máximas a ambas escalas de tiempo. Tomada de: Autor

MÁXIMA DURACIÓN							
SPI3				SPI6			
Estación	Meses	Magnitud	Año	Estación	Meses	Magnitud	Año
Sta Cruz Hda	10	14.9	Nov/76 ¹	Uré	12	19.91	Ene/92
San Carlos	10	18.4	Abr/02	S. Cruz H.	12	20.01	Feb/77
Ayapel	9	13.61	Abr/01	Turipaná	12	22.82	Dic/76 ²
S. Bernardo	9	12.45	Feb/86	Sahagún	12	23.19	1977 ³
Sahagún	9	12.91	Abr/77	La Apartada	11	21.73	97-98 ⁴
La Apartada	8	13.16	May/86	Sta Lucía	11	18.81	Ene/97 ⁵
Sta Lucía	8	15.76	Feb/73	S. Antonio	11	18.19	1977 ⁶
Carrillo	8	13.12	May/86	Carrillo	11	18.45	97-98 ⁷
Callemar	8	15.05	May/03	Caramelo	10	18.4	Feb/73
Cereté	8	15.41	May/76	Momil	10	17.68	91-92 ⁸

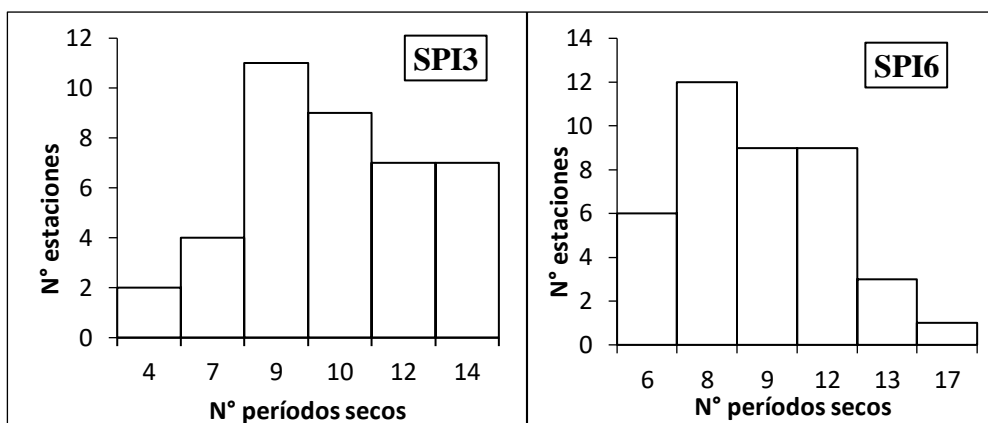
¹Finalizó oct/77; ²Finalizó dic/77; ³Inició sep/75, finalizó dic/77; ⁴Inició oct/97, finalizó nov/98; ⁵finalizó mar/98; ⁶Inició jun/76, finalizó mar/78; ⁷Inició Ene/97, finalizó abr/98; ⁸inició nov/91, finalizó oct/92.

Como se puede observar, se registraron dos períodos de máxima duración de 10 meses consecutivos: uno en la estación San Carlos de magnitud 18.4, que se inició en marzo de 2002 y continuó hasta principios del siguiente año; y el otro, sucedió en la estación Hacienda Santa Cruz que inició en el año 1976 y se intensificó para el año 1977 con una magnitud de 14.9. Cabe resaltar que los dos eventos secos ocurrieron en diferentes décadas temporales y, además, acontecieron para la época de lluvias, implicando posiblemente trastornos significativos sobre la distribución y disponibilidad del recurso hídrico. Todo esto a escala de tres meses.

Para la agrupación semestral, las máximas duraciones se dieron durante 12 meses consecutivos, sobre estaciones ubicadas en regiones geográficamente diferentes como, por ejemplo, Uré al sur del departamento y Sahagún al Noreste. Estos prolongados períodos secos indican que, para posteriores investigaciones, deben seleccionarse escalas temporales mayores (9, 12 meses), ya que permiten realizar un seguimiento del avance de este tipo de sequías y, además, prueba la importante utilidad de usar más de una escala temporal en el análisis de las mismas (CRC-SAS 2015, WMO 2012), tal como se observa para la estación San Carlos cuya duración a escala trimestral fue la más alta, pero la misma no figura dentro de las duraciones máximas a escala semestral, es decir, la sequía no se intensificó por lo que su duración no superó los 10 meses para la agrupación semestral.

Además, los resultados mostrados en la tabla anterior, advierten que las máximas duraciones no necesariamente están asociadas a las mayores magnitudes y viceversa, sino que se presentaron casos en donde sequías de gran magnitud tenían pocas duraciones; un ejemplo, es la estación Hacienda Santa Cruz cuya duración es la máxima a escala trimestral pero su magnitud es menor en comparación a estaciones con duraciones menores como Cereté. Este tipo de relación resulta interesante, si se piensa en los impactos que pueden causar con una mayor frecuencia, pudiendo ser evidencias claves de cambio climático en el departamento, en cuanto a la incidencia de las sequías y la distribución de las precipitaciones en el área de estudio.

Recordemos que se tomó como umbral para considerar un evento de sequía, respecto a la duración, un número de meses consecutivos mayor o igual a tres, por lo que el número de sequías que cumplen con este umbral, y, además, poseen una intensidad inferior o igual a -1, se redujo en referencia al obtenido sólo teniendo en cuenta el parámetro de intensidad establecido. Luego, de 2871 (15%) eventos de sequía identificados en función de la intensidad, sólo 323 es decir, el 11% son reconocidas como verdaderas sequías o lo que el IDEAM (2006), Hurtado & Cadenas (2002) denominan como sequías propiamente dichas, a escala trimestral (ver gráfica 8). El resto, un 89%, son eventos aislados o poco intensos que no representan en sí un evento de sequía, de acuerdo a los umbrales establecidos.



Gráfica 8. Frecuencia de sequías propiamente dichas vs n° de estaciones.

3.4 Evaluación de la amenaza por sequía en el departamento de Córdoba

Como hemos dicho anteriormente la evaluación de la amenaza por sequía, se realizó estimando a partir de la intensidad sus correspondientes períodos de retorno. Esto es, se combinó la información obtenida por el SPI acerca de las intensidades de los eventos secos, con el análisis de frecuencia (probabilístico) que nos permite realizar Gumbel.

En la tabla 5 se resumen los valores de intensidad de las sequías correspondientes a los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años para las estaciones Callemar, Boca de la Ceiba y San Bernardo del Viento.

Tabla 5. Intensidades de sequía a diferentes períodos de retorno a escala de 3 y 6 meses

SPI3						
Estación	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
Boca de la Ceiba	-1.43	-0.66	-0.15	0.49	0.96	1.44
Callemar	-1.52	-0.66	-0.09	0.64	1.17	1.71
San Bernardo	-1.36	-0.70	-0.27	0.29	0.69	1.10
SPI6						
Estación	T=2	T=5	T=10	T=25	T=50	T=100
Boca de la Ceiba	-1.27	-0.43	0.13	0.83	1.35	1.87
Callemar	-1.22	-0.30	0.30	1.07	1.64	2.21
San Bernardo	-1.09	-0.43	0.01	0.56	0.97	1.38

En general, se puede apreciar que los eventos mínimos están asociados a períodos de retorno menores a 25 años, siendo $T = 2$ años los de mayor intensidad. Una vez T aumenta, las intensidades asociadas toman valores positivos que pueden interpretarse como eventos máximos de precipitación, con una probabilidad de ocurrencia de uno cada cien años (en el caso de que $T = 100$ años, $P = 1\%$); es importante aclarar que el SPI es un índice normalizado con la capacidad de analizar, además de períodos secos, eventos máximos o húmedos (OMM 2012).

La justificación a estos resultados puede deberse a la metodología planteada, puesto que, los valores con los que se estimaron dichas intensidades fueron precisamente los valores mínimos del índice SPI, es decir, los más pequeños en la escala de los negativos. La finalidad de este procedimiento fue poder exponer los eventos secos sin ser enmascarados, como ocurrió con el valor promedio de los mismos, cuya representación se mostró anteriormente, y no reflejó diferencias significativas. Este paso constituye un aporte metodológico de la presente investigación para la evaluación de la sequía como una amenaza natural que debe ser considerado en futuras investigaciones.

De acuerdo a estos resultados, y al propósito de esta investigación; se optó por escoger como escenario crítico para evaluar la amenaza, las intensidades de sequía asociadas a un período de retorno de 2 años a escala trimestral, ya que reflejan una mejor variabilidad espacio temporal del peligro, en comparación a los valores estimados para períodos de retorno mayores y a escala semestral (cuya cartografía se puede consultar en el anexo 4). Como se muestra en los mapas 2 y 3.

Al conocer las dos variables a partir de las cuales se evaluará la amenaza por sequía en el departamento, los niveles de amenaza obtenidos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Niveles de amenaza obtenidos para la sequía

	Intensidad			
	I. Ligera	I. Moderada	I. Severa	I. Extrema
$T = 2$ años	$-0.99 < SPI$	$-1 > SPI > -1.49$	$-1.49 > SPI > -2$	$SPI < -2$
	Baja	Media	Alta	Muy alta

Mapa 2. Ver anexos del CD

Mapa 3. Ver anexos del CD

El mapa 2 permite identificar las zonas del departamento de Córdoba con amenaza de sequía para un período de retorno de dos años, con una probabilidad de ocurrencia del 50%, a escala trimestral. Este valor de probabilidad resulta significativamente alto, sobre todo si se tiene en cuenta que cada dos años por lo menos un evento de moderado a severo se puede presentar bajo ciertas características en el área de estudio: intensidades máximas aunadas a duraciones mayores a tres meses.

Las zonas con amenaza media ocupan el 44% del área de estudio y su distribución espacial se extiende principalmente al Noroeste o subregión costanera, y al Este, sobre una parte de la subregión San Jorge; en donde se esperan eventos secos con una intensidad entre -1 y -1,49.

La amenaza alta representa el 15% de la superficie estudiada, se aprecia al Oeste, sobre una porción de la subregión del Medio Sinú; y al Noreste sobre la subregión del Bajo Sinú y la subregión Sabana. En estas últimas, se esperaba una alta ocurrencia de la amenaza por ser áreas con bajas precipitaciones, confirmando la hipótesis planteada en el inicio de la investigación.

Es importante enfatizar sobre las zonas con amenaza alta, ya que concierne a centros poblados, cuyas actividades dependientes del recurso hídrico podrían verse seriamente afectadas por el déficit, al tener en cuenta, la falta de conocimiento y sensibilización de la población frente a este fenómeno subestimado. En años recientes, varias poblaciones del Bajo y Medio Sinú, decretaron la calamidad pública por problemas en el acceso, disponibilidad y desabastecimiento de la población, a causa de la desecación de sus fuentes de agua (Anexo 5).

Un factor que podría agudizar los impactos económicos, sociales y ambientales de las sequías en los próximos años, es la pérdida total o parcial de humedales aledaños a las cuencas del Sinú y el San Jorge, a causa de la ganadería extensiva y del avance de la frontera agrícola (CVS 2008), lo que implica estrategias de adaptación y manejo, para las comunidades afectadas y los ecosistemas seriamente amenazados.

Según el Plan Departamental de Gestión del Riesgo-PDGR (UNGRD y PNUD 2012), la sequía es identificada como una amenaza natural en las subregiones de Sabana y el Bajo

Sinú, bajo las categorías de amenaza Alta y Media, respectivamente. Mientras que, en el resto del Departamento, la amenaza no es identificada. Estos resultados difieren parcialmente con los obtenidos en el presente estudio, específicamente en la subregión Bajo Sinú. Estas discrepancias en los resultados, pueden obedecer a ciertos factores que se describirán puntualmente, a continuación:

- *Diferencias en las metodologías empleadas:* la metodología usada en el PDGR es meramente cualitativa, y es la propuesta en la “Guía para la elaboración de Planes Departamentales de Gestión del Riesgo” (UNGRD y PNUD 2012), enfocada en identificar los impactos del fenómeno, a partir de la determinación de 3 variables: la intensidad, frecuencia y extensión; asignarle una calificación de 1 si es baja, 2 si es media y 3 si es alta; y finalmente, calificar la amenaza dependiendo de los valores obtenidos para cada variable. Mientras que, la usada en este estudio se basa en el conocimiento del fenómeno climático como tal, a través de la estimación de las intensidades de eventos secos a diferentes períodos de retorno, obtenidos a través de Gumbel.
- *Las limitaciones propias del SPI* surgen de la naturaleza estandarizada del mismo índice, al considerar que cualquier tipo de sequía tiene la misma probabilidad de ocurrencia en cualquier lugar, incapacitándolo para identificar regiones más propensas que otras a la ocurrencia de sequías (Núñez et al. 2005, Rivera 2014).
- El uso de la función de distribución Gumbel, puede estar influenciando los resultados, al no ajustarse adecuadamente a las series de valores críticos del SPI.
- *La calidad de la información:* La baja densidad de estaciones meteorológicas al sur del departamento, arrojaron resultados que estuvieron por fuera del rango esperado del semivariograma al ser interpolados, y que, para evitar posibles contradicciones con las características climáticas del área en cuestión y errores de interpretación, se le asignó la categoría de Zona de Incertidumbre, representando aproximadamente el 39% del área del departamento de Córdoba.

Si bien esta es una metodología de prueba, permitió reflejar el comportamiento espacio temporal de las sequías en el departamento como una amenaza natural, cuyos resultados pueden considerarse incoherentes con la realidad climática del Departamento, dada la

percepción errada de la población al subestimar este fenómeno, por lo que dichos resultados deben ser considerados con todas las bases teóricas que existen acerca de este fenómeno. Se sugiere seguir en el proceso de indagar y desarrollar una tercera metodología a fin de validar los resultados encontrados.

Estos resultados nos dan una primera impresión de lo que ha ocurrido en el departamento de Córdoba durante el tiempo analizado. Confirmando que no sólo debe esperarse abundantes precipitaciones donde normalmente ocurren sino importantes eventos de sequía; como ha quedado evidenciado para la región del Medio Sinú (Ver anexo 6), y registrado por Martínez (2010) para el municipio de Cereté, cuyos efectos del intenso período de sequía a causa del fenómeno de El Niño en el primer semestre del año 2010, provocaron pérdidas totales de los cultivos de maíz en un 69%, traducidas en pérdidas económicas para el sector.

4. CONCLUSIONES

La distribución temporal de las precipitaciones permite identificar a diciembre, enero, febrero y marzo como los meses más secos durante el año. Además, se evidencian reducciones significativas durante junio y julio, resultando en duraciones de tres y seis meses para la época seca.

Una mejor aproximación acerca del estudio de la sequía se realizó conociendo y relacionando sus parámetros principales: intensidad, frecuencia, duración y magnitud, a través del Índice Estandarizado de Precipitación.

La representación espacial de las intensidades promedio de los períodos secos para escalas de tiempo de 3 y 6 meses, no revelan variaciones importantes para el territorio cordobés. Demostrando lo inapropiado de analizar el fenómeno a partir de valores promedios en vez de sus valores extremos mínimos.

En general, la sequía más frecuente es la moderada (SPI entre -1 y -1.49), y el subperíodo de tiempo más seco fue el de 1970-1985, a escala semestral. La duración promedio de este fenómeno es de 4 y 5 meses, según sea a escala de 3 y 6 meses, respectivamente.

El Índice Estandarizado de Precipitación es una excelente herramienta para caracterizar el fenómeno de la sequía, sin embargo, su uso en la identificación de subregiones con mayores probabilidades de ocurrencia de eventos de determinada intensidad, es limitada y ambigua. De allí la necesidad de realizar un análisis de frecuencia, por medio de la función de distribución Gumbel.

El 15% del territorio cordobés se encuentra bajo amenaza alta y se extiende al Noreste y Oeste del Departamento. Por su parte, la categoría de amenaza media abarca un 44% del área del departamento y comprende el Noroeste y Este del mismo.

Existen diferencias parciales, entre los resultados de la evaluación de la amenaza de esta investigación y los obtenidos por otros autores; seguramente, a causa de las metodologías empleadas, las limitaciones del método y la falta de información. Sin embargo, los resultados arrojados con la metodología usada, permite presumir una línea base, al identificar la amenaza por sequía en aproximadamente, el 60% del departamento, en áreas donde la sequía no es identificada como amenaza.

5. RECOMENDACIONES

Probar con funciones de distribución distintas a la Gumbel para estimar las intensidades de sequía asociadas a diferentes períodos de retorno.

Se recomienda el cálculo del SPI para escalas temporales de largo plazo como son las de 9, 12 y 18 meses, que permitan el seguimiento y monitoreo del avance de sequías de larga duración en el departamento.

Realizar comparaciones entre el índice estandarizado de Precipitación y otros índices de sequía, como: el Porcentaje de la Precipitación Normal o Deciles, que se basan en el uso de datos de lluvias para cuantificar el fenómeno de la sequía.

Explorar en el uso de otras variables socioambientales que permitan analizar desde un enfoque integral las características de este fenómeno natural en el departamento.

Verificar las posibles relaciones que puede tener el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur con la ocurrencia de sequías en el departamento de Córdoba.

Analizar posibles evidencias de cambio climático, en cuanto a un aumento de la frecuencia de eventos secos de corta duración, pero de gran magnitud.

Desarrollar metodologías sólidas y consistentes para evaluar la amenaza por sequía, de modo que se pueda llegar a conclusiones generales, precisas y confiables en este aspecto.

Es recomendable seguir con el proceso de determinación del riesgo de las sequías, dado que esta investigación supone el primer peldaño en ese propósito, que bien debe ser seguido con la evaluación de la vulnerabilidad de las poblaciones y los sectores económicos del departamento ante esta amenaza. Estos estudios proporcionarán bases suficientes para la toma de decisiones que enfrenten la ocurrencia de dicha amenaza y eviten emergencias sobre todo en esas zonas altamente afectadas.

Se sugiere usar una medida de tendencia central diferente a la media para el análisis espacio temporal de la sequía, ya que esta suaviza los valores máximos de intensidad de los períodos secos imposibilitando observar su verdadero comportamiento.

6. BIBLIOGRAFÍA

Algara, M. 2009. Propuesta metodológica para medir el impacto del fenómeno de la sequía en la Huasteca Potosina y propuesta general de manejo. Tesis doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.

American Meteorological Society (AMS). 2012. Glossary Meteorological. Versión electrónica de la 2da edición del Glosario de Meteorología. Disponible: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Drought> Acceso: 20 febrero (2016).

Aparicio. 1997. Métodos hidrológicos para el análisis de sequía. Universidad de Carabobo. Venezuela. Fundamentos de hidrología de superficie. Editorial Limusa, S.A. Grupo Noriega Editores. México D.F. ISBN: 968-18-3014-8

Asadi Zarch M., Sivakumar, B., Sharma, A. 2014. Droughts in a warming climate: A global assessment of Standardized precipitation index (SPI) and reconnaissance drought index (RDI). Journal of Hydrology. ISSN 0022-1694 (en línea):183-195. 5 octubre 2014. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216941400763X> Acceso: 2 marzo 2015.

Banco Mundial, 2012. Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas–Bogotá, Colombia. 1ª Edición. Bogotá, Colombia.

Cely, J., Siabato, W., Sánchez, A., Rangel, A. 2002. Geoestadística aplicada a estudios de contaminación ambiental. Ingeniería. 7(2): 31-38 (en línea). 13 de noviembre de 2002. 21 de Agosto de 2016.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2001. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México. ISBN: 970-628-593-8. 1ª Edición. México, D.F.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). 2002. Sequías. Serie Fascículos ISBN: 978-970-821-000-3. 1ª Edición. México, D.F.

Chaoqing, Y., Changsheng. Li., Qinchuan, X., Han, C., Jie, Z., Feng, Z., Xuecao, L., Nick, C., Xiao, H., Yali, Y., Peng, G. 2014. Dynamic assessment of the impact of drought on agricultural yield and scale-dependent return periods over large geographic regions. Environmental Modelling & Software, ISSN: 1364-8152 62:

454-464 (en línea), 4 de septiembre de 2014.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815214002278> Acceso: 27 noviembre (2014).

Cornejo, C. 2011. Análisis de la distribución temporal de las precipitaciones en la región del Maule. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Talca. Talca, Chile.

Dahal, P., Shree, N., Lall, M., Krakauer, N., Panthi, J., Pradhanang, S., Jha, Ajay., Lakhankar, T. 2015. Drought risk assessment in central Nepal: temporal and spatial analysis. *Natural Hazards* 80:1913-1932.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s11069-015-2055-5>

Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge. CVS. 2008. Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2008–2019. Montería– Córdoba

ESRI. Environmental Systems Research Institute. 2016. Cómo funciona Kriging. En línea. Consultado: 3 de octubre de 2015. <http://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/how-kriging-works.html>

Ferre, E., Ruiz, J. Las sequías en la provincia de Almería. Implicaciones biogeográficas, *Nimbus*, ISSN: 1139-7136 (en línea), n° 29-30, 9 de julio de 2012. <http://repositorio.ual.es/jspui/handle/10835/2969#.Vsi69rThDMw>. Acceso: 16 agosto (2015).

Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). 2015. The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition. A call for action to build resilient livelihoods. Disponible en: <http://www.fao.org/emergencies/resources/documents/resources-detail/en/c/280784/> Acceso: 28 de noviembre (2015).

Gónima, L. (2009). Evidencias del calentamiento global en el caribe colombiano. *Meteorología colombiana*, 63-72.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, 2007. Cambio climático: 2007. Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del IPCC. ISBN 92-9169-322-7, Ginebra, Suiza, p104.

Hungsoo,K., Jongyong, P., Jiyoung, Y., Tae-Woong, K. 2013. Assessment of drought hazard, vulnerability and risk: A case study for administrative districts in South Korea. Journal of Hydro-environment Research, 9: 28-35 (en línea), 6 de agosto de 2013. Acceso: 2 marzo (2015).

Hurtado, G., Cadena, M. 2002. Aplicación de índices de sequía en Colombia. Meteorología Colombiana. ISSN: 0124-6984 (en línea), 5: 131-137. Acceso: 24 julio 2015.

IDEAM. 2006. La sequía en Colombia. Documento técnico de respaldo a la información en la página web del IDEAM. Subdirección de meteorología.

IGAC. (2009). Descripción del medio biofísico. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Departamento de Córdoba. p94-115.

Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales. IDEAM, 2011. Diagnóstico situación de riesgos hidrometeorológicos en Colombia y avances en la zonificación de riesgos.

Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales. IDEAM. 2010. Alteraciones del régimen hidrológico y de la oferta hídrica por variabilidad y cambio climático. Estudio Nacional del Agua. p. 282-319.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. INETER. 2005. Sequía Meteorológica. Mapas de Amenazas. Recomendaciones Técnicas para su elaboración. Managua, Nicaragua.

Loaiza, W. 2014. Evaluación de sequías meteorológicas y procesos de adaptación de las comunidades agrícolas de la cuenca del río Dagua- Valle del Cauca. Tesis de posgrado en Desarrollo Sustentable. Universidad del Valle. 12 de febrero de 2015.
<http://hdl.handle.net/10893/8003>. Acceso: 4 noviembre (2015).

Martínez, A. (2012). Efectos de los eventos extremos meteorológicos en actividades agrícolas; municipio de Cereté-Córdoba, año 2010. Tesis Geógrafo. Universidad de Córdoba, Montería. Córdoba.

McKee, T., Doesken, N., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference On Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17-22. Boston, USA.

Mendez, J. 2010. Variabilidad espacio-temporal de la sequía meteorológica en México: Aspectos dinámicos. Tesis de posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México.

Mestre, A., Moreno, V. 2009. El seguimiento de la sequía en estaciones y grandes cuencas usando el índice SPI. Área de aplicaciones Meteorológicas y Medioambientales de AEMET. Boletín. N° 23.

Miyan, M. 2014. Droughts in Asian Least Developed Countries: Vulnerability and sustainability. Weather and Climate Extremes, ISSN: Weather and climate extremes (en línea), 7: 8-23, 16 de septiembre de 2014. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094714000632> Acceso: 13 enero (2016).

Morales, J. 2005. El efecto de la longitud de registro en el cálculo del índice de precipitación estándar. Tesis maestría en ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Morid, S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M. 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. International Journal Climatology (en línea), 25: 971-981. 2006. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1264/full> Acceso: 28 marzo 2016.

Núñez, D., Muñoz, C., Reyes, V., Velasco, I., Gadsden, H. 2007. Characterization of drought at different time scales in Chihuahua, México. Agrociencia. (en línea), 41(3): 253-262, 2007.

Núñez, E., Núñez, L. Podestá, G., Skansi, M. 2005. El índice Estandarizado de Precipitación como herramienta para la caracterización y el monitoreo de la sequía: una prueba de concepto. Memoria I. IX congreso de meteorología de Argentina (Congremet). Buenos Aires, 3-7 octubre de 2005, p2-11.

Olivares, B. 2015. Caracterización de la sequía meteorológica en la red de estaciones agrometeorológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)

Venezuela. Título Master en tecnología ambiental. Universidad internacional de Andalucía. Palos de la frontera.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. 2010. Guía metodológica para la aplicación del Análisis Regional de Frecuencia de Sequías basado en L-momentos y resultados de aplicación en América Latina. CAZALAC. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 27, ISBN: 978-92-9089-157-4. Montevideo, Uruguay. Acceso: 29 septiembre 2014 <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002277/227721s.pdf>

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2006. Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros. Información Meteorológica y climática para el desarrollo agrícola sostenible. ISBN: 92-63-31006-8, OMM-N° 1006, Ginebra, Suiza.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2009. Declaración de Lincoln. Nebraska http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/agm/meetings/wies09/documents/Lincoln_Declaration_Drought_Indices.pdf

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2012. Índice Normalizado de Precipitación. Guía del usuario. ISBN: 978-92-63-31090-3. OMM-N° 1090. (En línea). Ginebra, Suiza.

http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_standardized_precipitation_index_user_guide_es_2012.pdf

Ortega, D. 2012. Sequía en Nuevo León: Vulnerabilidad, impactos y estrategias de mitigación. Instituto del agua del Estado de Nuevo León, p222.

Ortega, D., Velasco, I. 2013. Aspectos socioeconómicos y ambientales de las sequías en México. Aqua-LAC 5(2): 78-90.

Palencia, G., Mercado, T., Combatt, E. (2006). Estudio Agroclimático del departamento de Córdoba.

Pita, M. 1989. La sequía como desastre natural. Su incidencia en el ámbito español. Norba, ISSN: 0213-3709, (6-7): 31-62.

Puertas, O., Carvajal, Y. 2008. Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer. *Ingeniería & Desarrollo*, ISSN: 0122-3461, (23): 104-118

Rivera, J. 2014. Aspectos climatológicos de las sequías meteorológicas en el sur de Sudamérica. Análisis regional y proyecciones futuras. Título doctor en Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.

Rivera, R., Crespo, G., Arteaga, R., Quevedo, A. 2007. Comportamiento espacio temporal de la sequía en el estado de Durango, México. *Terra Latinoamericana*. 1870-9982 (en línea), 25(4): 383-392, 2007. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57315558006>

Sivakumar, M., Wilhite, D., Svoboda, M., Hayes, M., Motha, R. 2010. Drought Risk and meteorological droughts. Global Assessment report on disaster risk reduction. (en línea). Acceso: 16 enero 2016. http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/Sivakumar_et_al._2010.pdf

UNGRD, PNUD, & Córdoba, G. d. (2012). Plan Departamental de Gestión del Riesgo Córdoba. Montería.

UNGRD, PNUD. 2012. Guía para la elaboración de Planes Departamentales de Gestión del Riesgo.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. UNESCO. 2003. Water for people, Water for life. Executive summary of the UN World Water Development Report. Paris, France.

Valiente, O. Sequía: Definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas*, ISSN: 0213-4691 (en línea), n° 26, 13 de marzo de 2001. <http://hdl.handle.net/10045/363>. Acceso: 17 julio (2014).

Velasco, I. Ochoa, L. Gutiérrez, C. 2005. Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y sociedad*, 17 (34): 35-71.

Vicente-Serrano, S., Beguería, S., Lorenzo-LaCruz, J., Camarero, J., López, J., Azorín, C., y otros. (2012). Análisis comparativo de diferentes índices de sequía para aplicaciones ecológicas, agrícolas e hidrológicas.

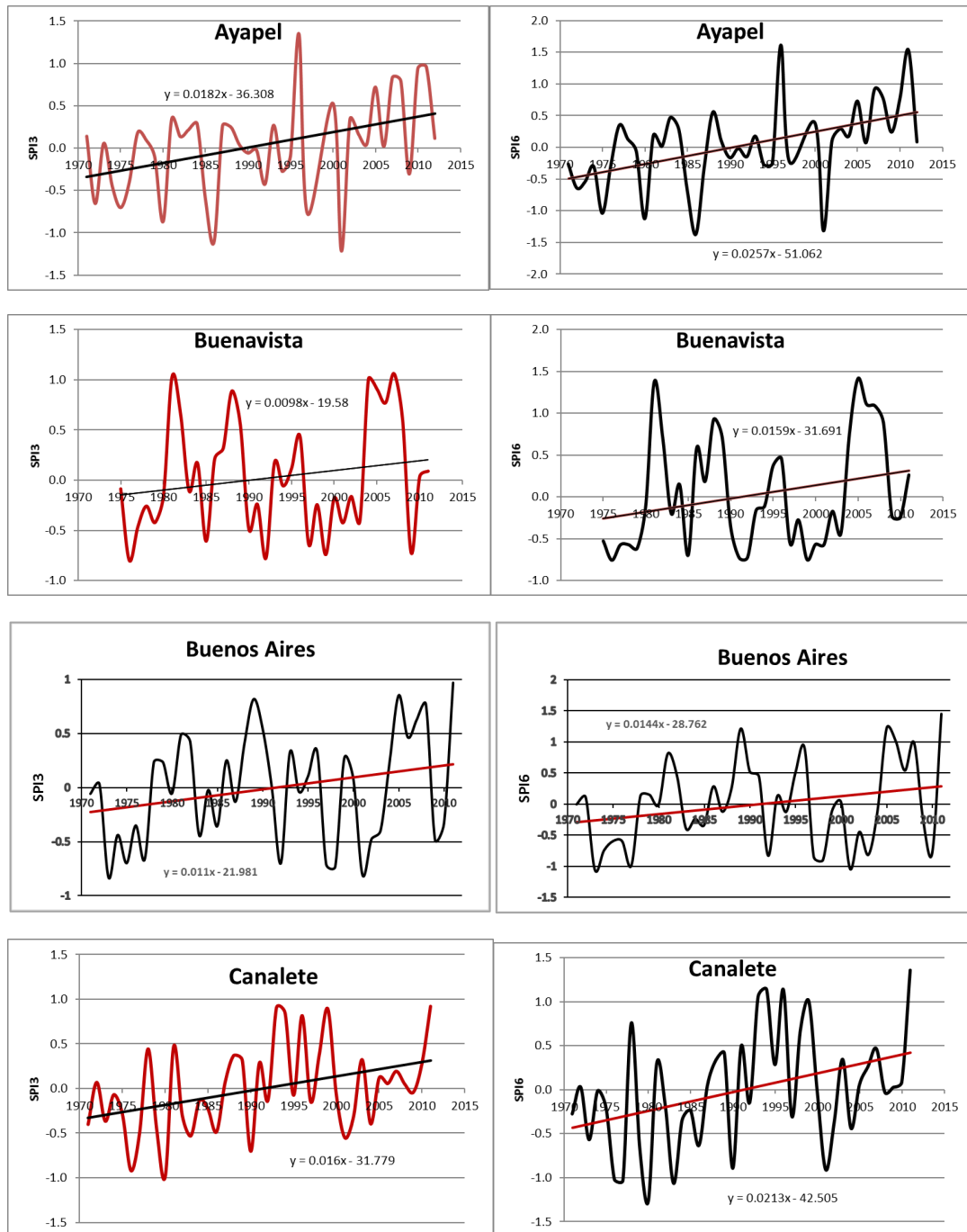
Wilhite, D. 2000. Chapter 1. Drought as a natural hazard: Concepts and Definitions. Drought Mitigation Center Faculty Publications. Paper 69. Universidad de Nebraska, Lincoln.

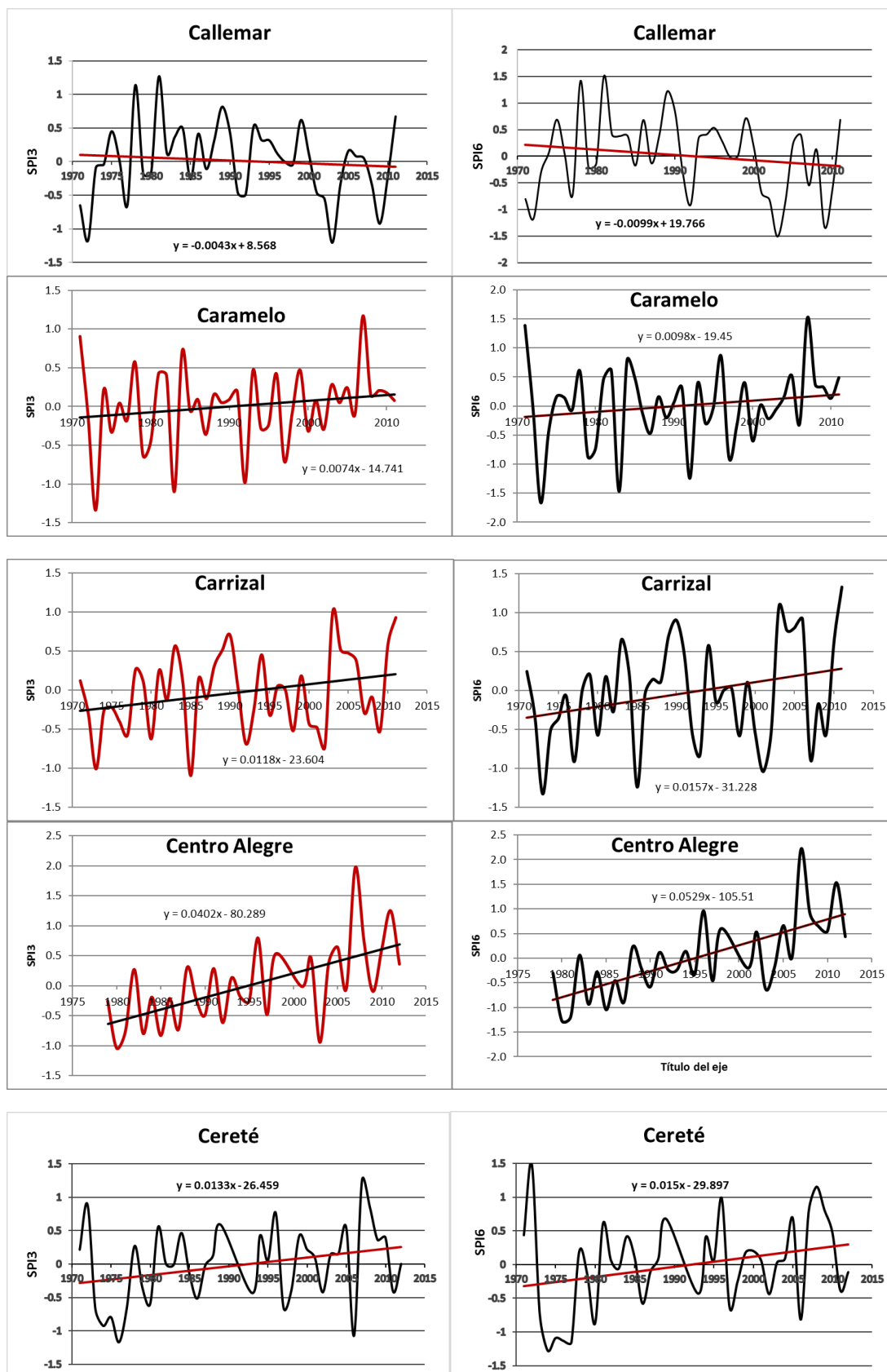
Wilhite, D., Sivakumar, M., Pulwarty, R. 2014. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy, Weather and climate extremes (en línea), (3):4-13, 18 de marzo de 2014. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094714000164> Acceso: 9 de septiembre (2015).

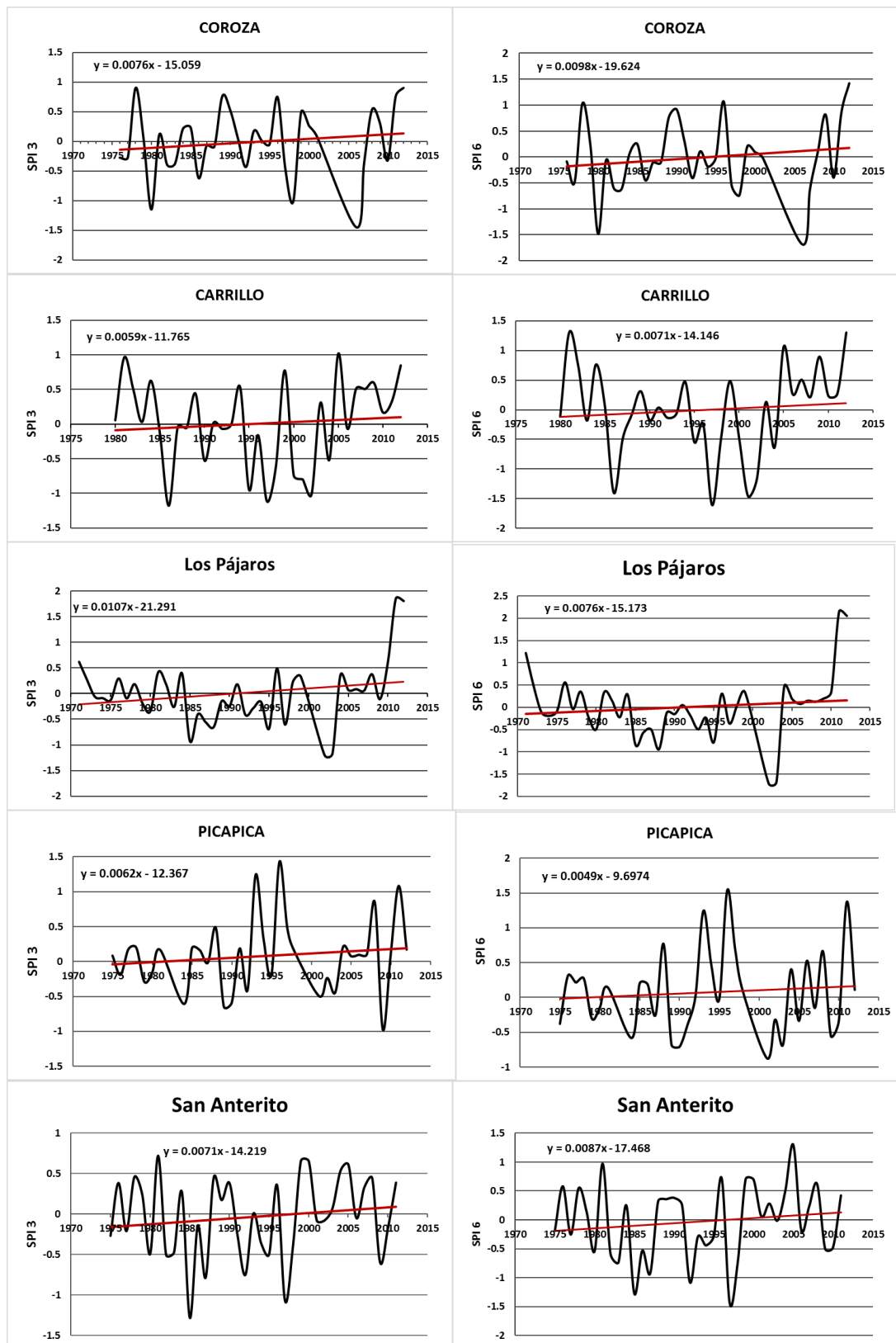
Zuluaga, J. 2009. Análisis de la variabilidad espacio-temporal de la sequía en Colombia. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

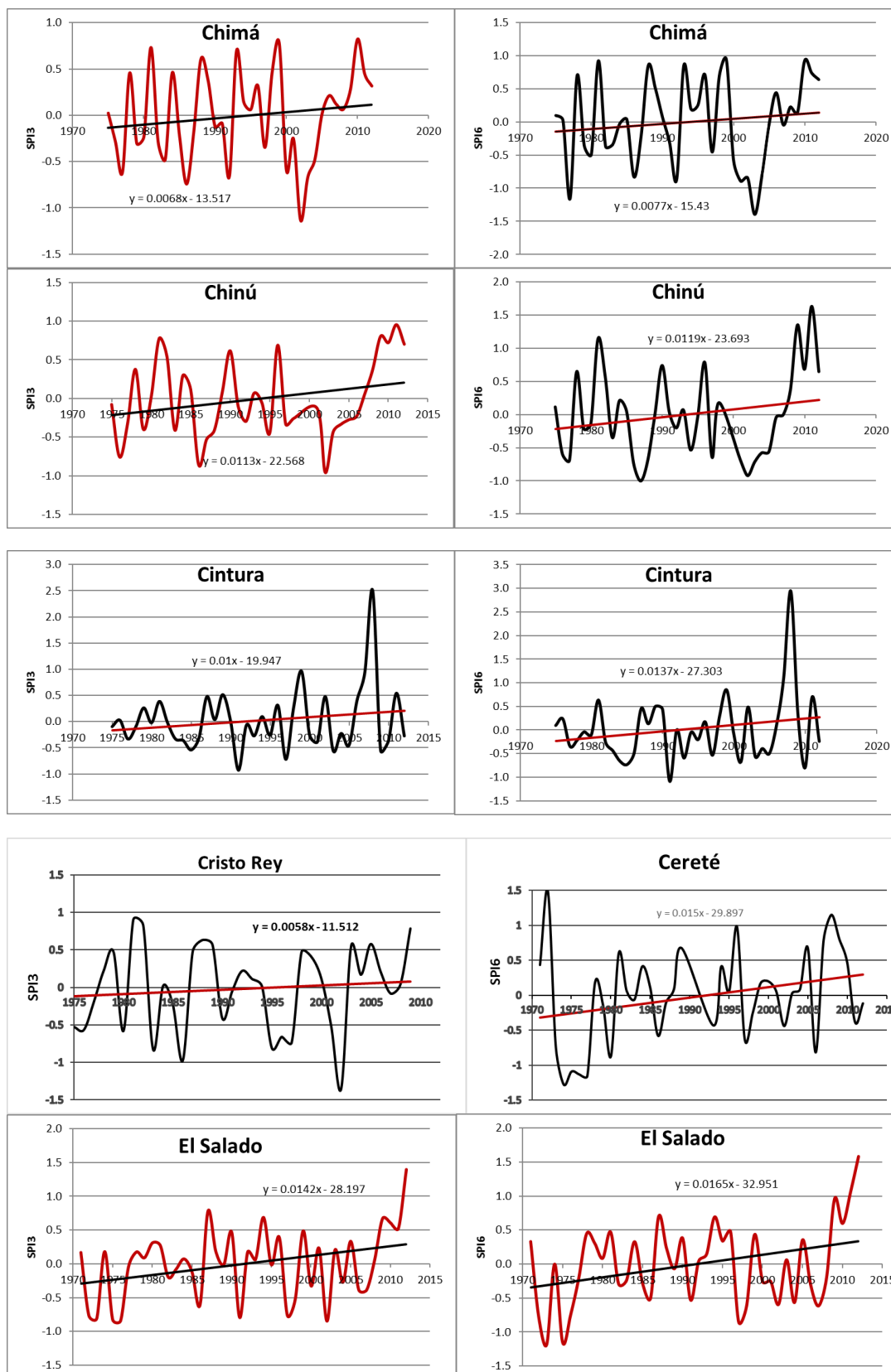
ANEXOS

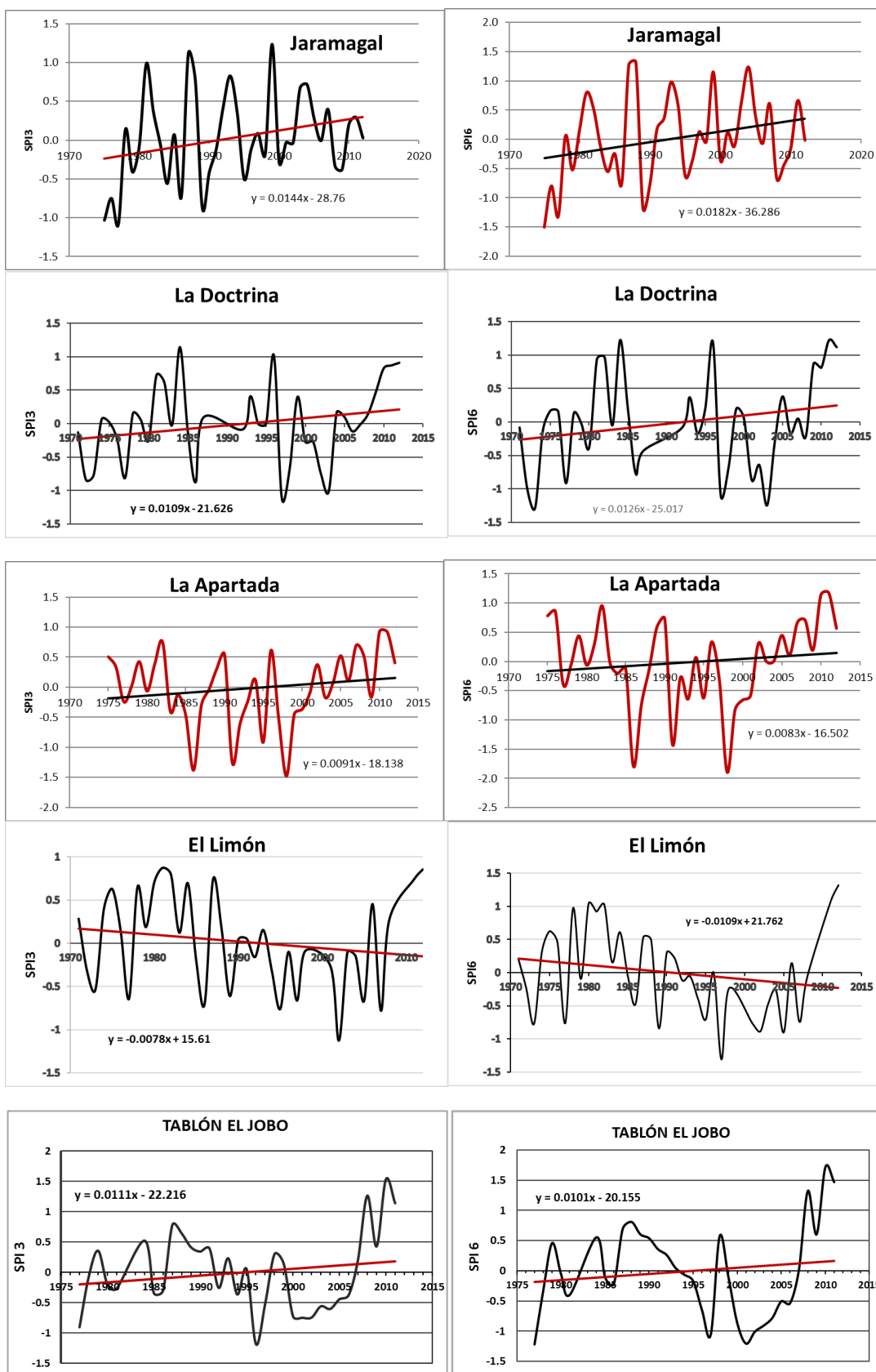
ANEXO 1: GRÁFICAS DE INTENSIDAD PROMEDIO

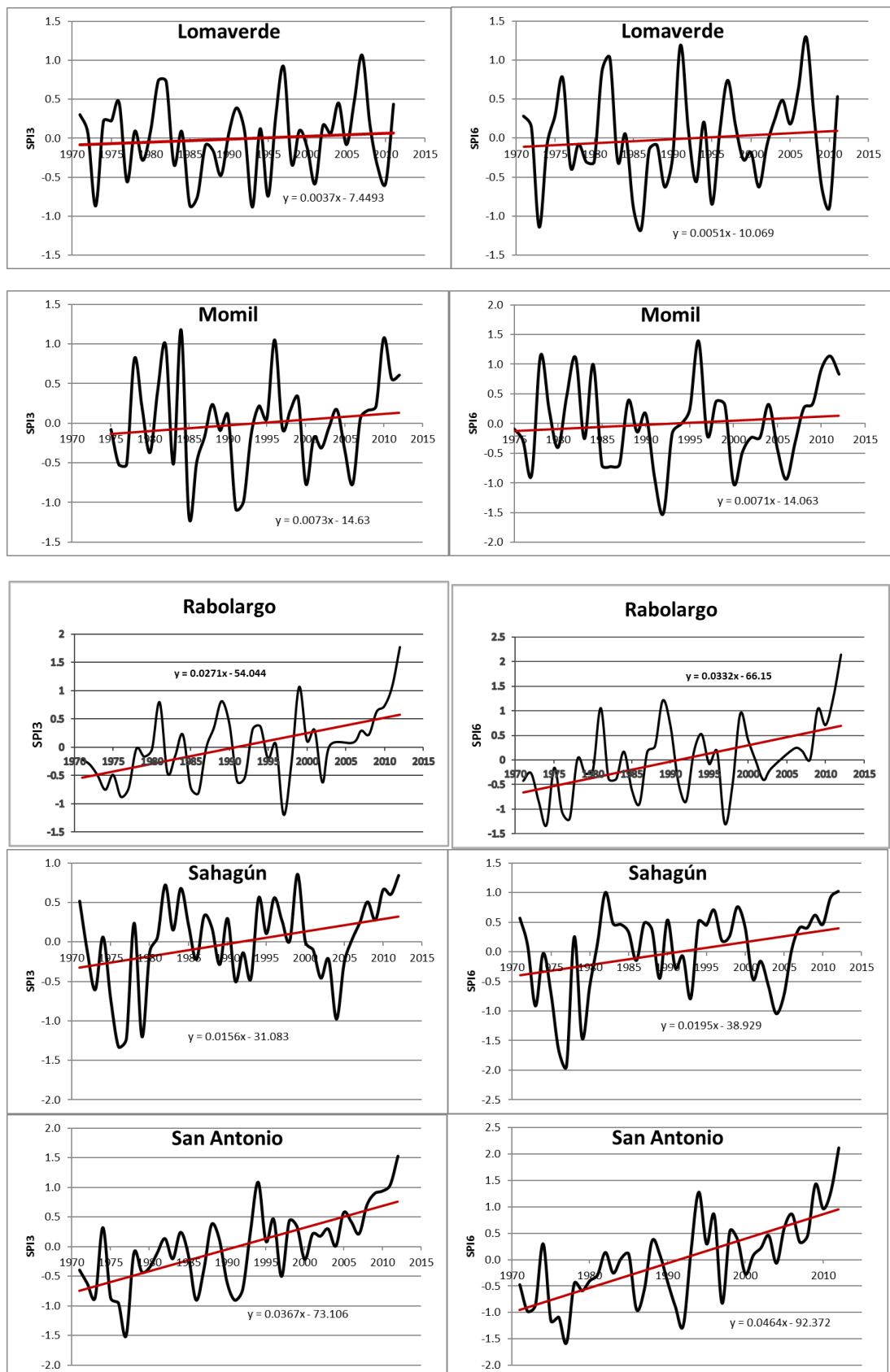


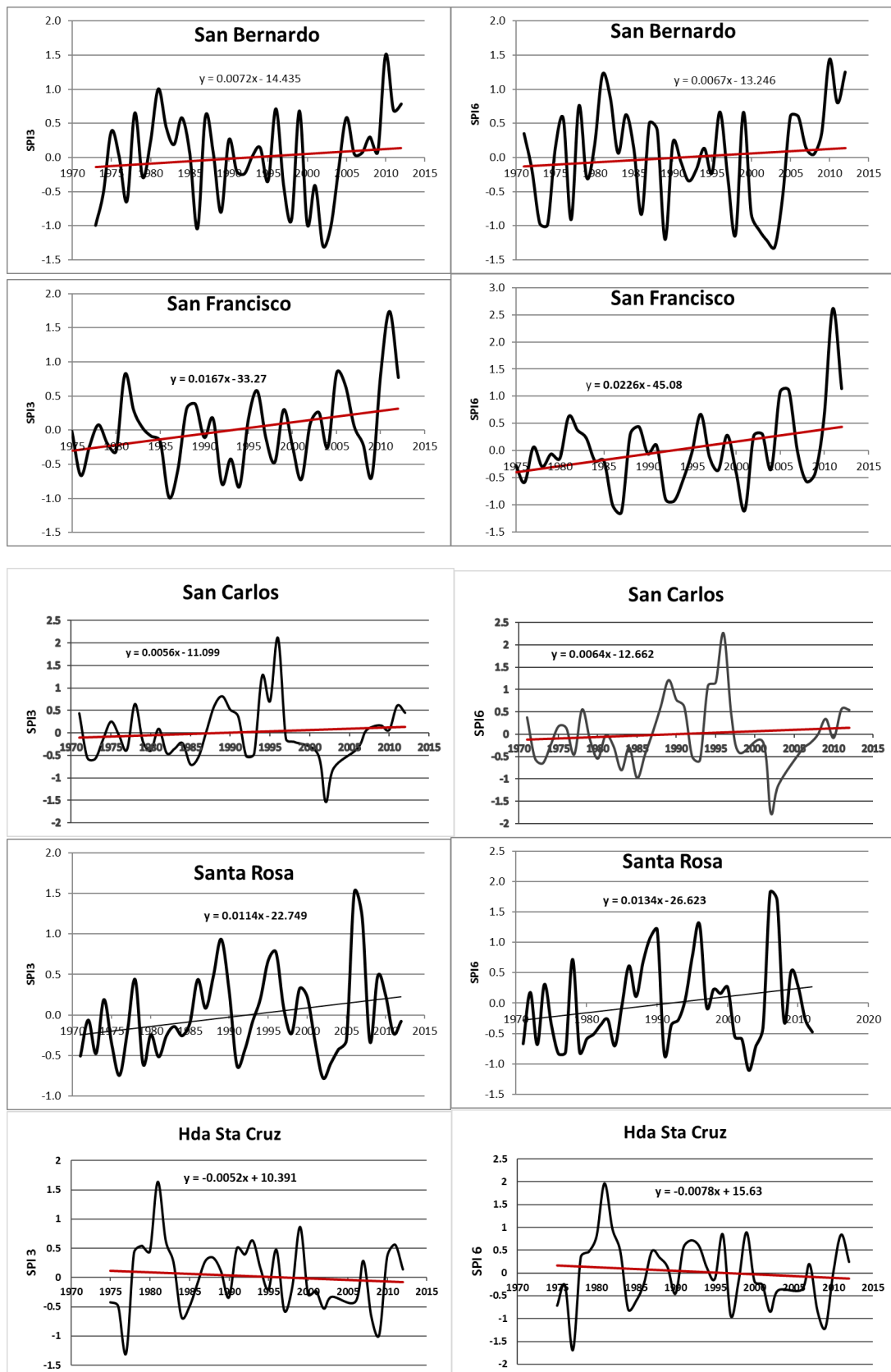


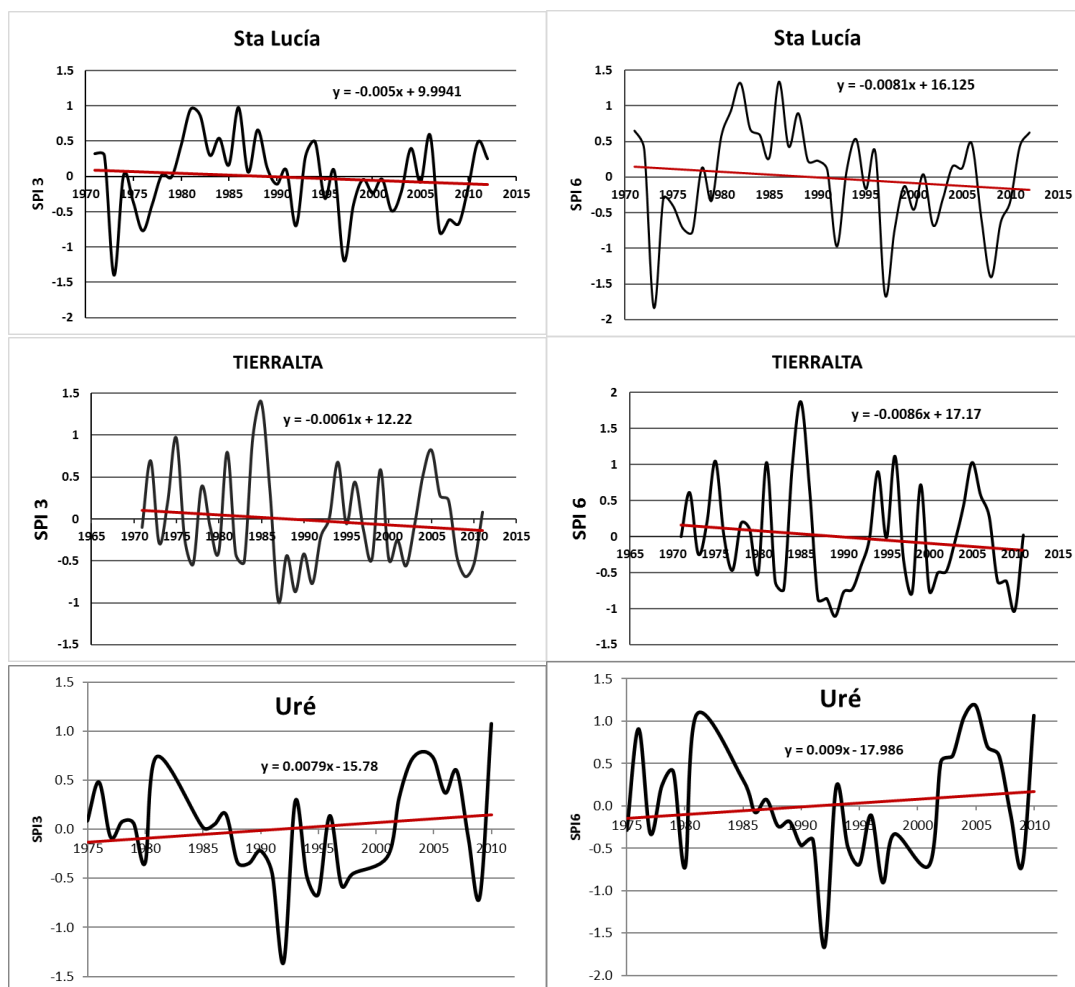












Las gráficas de intensidad muestran en general una tendencia positiva para las estaciones de estudio, indicando el excedente de las lluvias a través del tiempo. Sin embargo, Boca de La Ceiba, El Limón, Callemar, Tierralta, Santa Lucía y Hacienda Santa Cruz, reflejan un comportamiento contrario, interpretado como reducciones en las precipitaciones en los últimos años de registro.

Si se analiza detenidamente las gráficas de pendiente, se aprecia que las interpretaciones varían de acuerdo al grado de inclinación de la misma y el valor en la ecuación. Así, pendientes con menor grado de inclinación y más de un cero en las cifras decimales, sugieren la poca variabilidad de las precipitaciones en los años de registro. Tal es el caso de las estaciones que presentaron pendientes negativas cuyo comportamiento expone la importancia de continuar con el seguimiento de este fenómeno, dado los impactos que implica sobre el departamento.

ANEXO 2: INTENSIDADES PROMEDIO DEL SPI

Estación	SPI3	SPI6	Estación	SPI3	SPI6
Apartada La	-1.3	-1.1	Limón El	-1.2	-1.1
Ayapel	-1.3	-1.1	Loma verde	-1.4	-1.2
Boca de La Ceiba	-1.3	-1.1	Lorica	-1.4	-1.2
Buenvista	-1.2	-1.1	Momil	-1.4	-1.1
Buenos Aires	-1.5	-1.3	Pájaros Los	-1.2	-0.9
Callemar	-1.4	-1.1	Picapica	-1.1	-1.0
Canalete	-1.4	-1.2	Rabolargo	-1.4	-1.1
Caramelo	-1.5	-1.2	Sahagún	-1.4	-1.1
Carrillo	-1.3	-1.1	Salado El	-1.4	-1.3
Carrizal	-1.5	-1.2	San Anterito	-1.4	-1.2
Centro Alegre	-1.3	-1.0	San Antonio	-1.2	-1.0
Cereté	-1.3	-1.1	San Bernardo	-1.3	-1.0
Chimá	-1.5	-1.2	San Carlos	-1.1	-0.9
Chinú	-1.4	-1.1	San Francisco	-1.4	-1.0
Cintura	-1.4	-1.0	Santa Cruz	-1.3	-1.0
Coroza 2	-1.4	-1.2	Santa Lucía	-1.4	-1.1
Cristo rey	-1.3	-1.1	Santa Rosa	-1.5	-1.1
Doctrina La	-1.4	-1.1	Tierralta	-1.4	-1.1
Jaramagal	-1.3	-1.0	Turipaná	-1.3	-1.1
Jobo	-1.3	-1.0	Uré	-1.4	-1.1

Los valores de intensidades promedio mostrados en la tabla, resultaron de seleccionar los valores críticos para cada año. Al comparar estos valores con los del sistema de clasificación establecido por Mckee et al. (1993) de la tabla 1, observamos que las sequías son de intensidad moderada en el 95% de las estaciones. El resto corresponden a intensidades normales.

A continuación, se presenta el mapa de intensidades promedios a escala trimestral.

ANEXO 3: TABLA DE LAS DURACIONES PROMEDIO DE SEQUÍAS

DURACIONES PROMEDIO DE SEQUÍAS		
ESTACIÓN	SPI3	SPI 6
URÉ	4,8	6
TURIPANÁ	4,45454545	5,555555556
TIERRALTA	4	4
SANTA ROSA	3,33333333	4,083333333
SANTA LUCIA	3,8	4,833333333
HDA. STA CRUZ	5	5,777777778
SAN FRANCISCO	3,75	5,125
SAN CARLOS	4,33333333	4,6
SAN BERNARDO	4,7	6,090909091
SAN ANTONIO	4,5	5,272727273
SAN ANTERITO	3,66666667	4,230769231
SAHAGUN	5	5,5
RABOLARGO	4,3	4,285714286
PICAPICA	4,25	4,166666667
MOMIL	3,5	5,75
LOS PAJAROS	4,125	5,333333333
LA APARTADA	4,3	5,625
LORICA	3,75	4,875
LA DOCTRINA	4,5	4,692307692
LOMAVERDE	3,5	5,2
AYAPEL	5	5,166666667
BOCA DE LA CEIBA	3,42857143	4,777777778
BUENAVISTA	4,625	4,8
BUENOS AIRES	3,76923077	4
CALLEMAR	4	5,153846154
CANALETE	3,85714286	5,166666667
CARAMELO	4,22222222	4,571428571
CARRILLO	4,30769231	6,444444444
CENTRO ALEGRE	4,66666667	5
CERETÉ	4,54545455	5,272727273
CHIMÁ	3,83333333	4,375
CHINÚ	3,9	4,555555556
CINTURA	3,625	4
COROZA	4,22222222	4,857142857
CRISTO REY	4,33333333	4,727272727
EL LIMÓN	4,4	5,166666667
EL SALADO	4,30769231	5
JARAMAGAL	3,81818182	5,6
JOBO EL TABLÓN	4,22222222	5,333333333
CARRIZAL	3,46153846	4,352941176
Promedio	4,15270958	4,982972436

ANEXO 4: PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LOS VALORES CRÍTICOS

La elección de los valores críticos para evaluar la amenaza por sequía, consistió en escoger el valor mínimo de intensidades dadas por el SPI para cada año, en cada una de las estaciones de estudio. Una muestra de este procedimiento se muestra en la siguiente figura:

AÑO	MES	SPI3	SPI6	AÑO	MES	SPI3	SPI6
1991	1	-1.05	0.69	1992	1	-2.11	-1.76
1991	2	-1.61	0.18	1992	2	-0.62	-1.93
1991	3	-1.27	-0.8	1992	3	-1.27	-1.58
1991	4	-1.71	-1.81	1992	4	-0.38	-1.56
1991	5	-0.46	-0.98	1992	5	-2.17	-1.97
1991	6	-0.66	-1	1992	6	-2.62	-2.78
1991	7	-0.16	-0.86	1992	7	-2.28	-2.24
1991	8	-0.89	-1.01	1992	8	-0.51	-1.46
1991	9	-1.3	-1.39	1992	9	0.36	-1.18
1991	10	-1.07	-0.8	1992	10	0.2	-1.22
1991	11	-1.69	-1.68	1992	11	-0.06	-0.45
1991	12	-1.09	-1.53	1992	12	-0.44	0
VALOR CRÍTICO		-1.71	-1.81	VALOR CRÍTICO		-2.62	-2.78

En este caso se trata de los años 1991 y 1992 de la estación Momil, con ayuda de la función MIN de Excel se escogieron los valores mínimos, es decir las intensidades máximas de los eventos secos registrados para cada uno de estos años.

EL UNIVERSAL

Por sequía, autoridades decretan calamidad pública en Montería

NIDIA SERRANO M. | @ElUniversalCtg | MONTERÍA | 19 de Julio de 2014 10:28 am |



Las autoridades decretaron calamidad pública por la sequía que azota a la capital cordobesa.

// EL UNIVERSAL - MONTERÍA

La delicada situación que viven las comunidades ubicadas en zona rural de Montería por la sequía obligó a las autoridades locales a decretar la calamidad pública.

El objetivo de la medida es acceder rápidamente a los dineros de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y así adelantar acciones que mitiguen la sed de los corregimientos y veredas de Montería.

De acuerdo con lo señalado por el secretario de gobierno de Montería, José Berardinelly, hay 23 poblaciones, especialmente en la zona rural, que están padeciendo por falta de agua potable.

Los más afectados son San Anterito, Mochila, San Isidro, Tres Piedras, Santa Lucía, Los Pantanos, Aguas Vivas, Morindó y Santa Clara.

Además están afectados San Jacinto, Pueblo Bujo, Loma Verde, Leticia, Martinica, Nuevo Paraíso, Caño Viejo, La Mora, Los Pericos, Caño Viejo Las Lamas, Palma de Vino, Sabanal, Puente y Nuevo Horizonte.

A las poblaciones mencionadas les están llevando agua en carro-tanques para mitigar la crisis. Sin embargo, en las últimas horas se han registrado protestas por parte de algunos pobladores que señalan que el agua es insuficiente para la cantidad de habitantes en crisis.

Tomado de: El Universal

<http://www.eluniversal.com.co/regional/cordoba/por-sequia-autoridades-decretan-calamidad-publica-en-monteria-165097>

Consultado: 27 de junio de 2016

EL UNIVERSAL

En Córdoba, 111 mil afectados con la sequía

NIDIA SERRANO M. | @ElUniversalCtg | montería | 11 de Agosto de 2014 12:03 am |



La sequía en Córdoba ha dejado hasta el momento a 111 mil personas afectadas. Lo más grave de la situación es que aún el fenómeno de El Niño no se ha iniciado con todo el rigor y ya fue necesario declarar la calamidad por desabastecimiento de agua en 10 municipios.

La cifra fue dada a conocer por el director de Gestión del Riesgo de Córdoba, Jairo Romero Benítez, quien indicó que como medida para enfrentar la dura situación que se avecina solicitaron al Gobierno nacional que destine más carros cisternas para el departamento de Córdoba y tanques de almacenamiento de 10 mil litros.

Planteó, de igual forma, que en algunos municipios se construyan pozos profundos, pues la sequía afectará a por lo menos 15 poblaciones cordobesas.

El funcionario expresó que desde abril el departamento está haciendo acompañamiento y ha gestionado ayudas para seis municipios que inicialmente declararon situación de calamidad y de esta forma prepararse para afrontar el fenómeno de El Niño que se estima sea más fuerte en noviembre y diciembre, y se extienda hasta el primer trimestre del 2015.

Calamidad pública

La crisis por falta de agua obligó a las autoridades de 10 municipios a declarar la calamidad pública.

Las primeras localidades en alerta fueron Puerto Escondido, Los Córdoba, Moñitos, San Bernardo del Viento, Cereté y San Pelayo.

La semana anterior se declaró la calamidad pública en Lorica, Chimá y Montería y en los próximos días se hará en San Andrés de Sotavento.

Romero explicó que el Gobierno nacional tiene un diagnóstico sobre las familias que están padeciendo por el fenómeno y se ha dado ayudas a 48 mil de las 111 mil familias.

Tomado de: El Universal

<http://www.eluniversal.com.co/regional/cordoba/en-cordoba-111-mil-afectados-con-la-sequia-166038>

Consultado: 1 de julio de 2016

EL UNIVERSAL

Sequía pone en vilo elaboración del sombrero vueltiao

NIDIA SERRANO M. | @ElUniversalCtg | Montería | 24 de Julio de 2014 12:02 am |



Cerca de 200 hectáreas de caña flecha, cepa con la cual se elabora la trenza del sombrero 'vueltiao', están a punto de perderse por la intensa sequía que afecta al departamento de Córdoba.

La advertencia la hizo José Manuel Pérez, agrónomo de la comunidad Zenú, quien indicó que la cepa está maltratada debido a la falta de agua y ello pone en riesgo la producción artesanal del sombrero.

Los habitantes del resguardo indígena Zenú, entre ellos los de los municipios de Tuchín y San Andrés de Sotavento, cuna del sombrero que se ha convertido en una insignia nacional, temen que se incremente la comercialización de los elementos chinos que han ido penetrando el mercado cordobés y poniendo en riesgo la actividad económica de los artesanos.

Para superar la falta de materia prima, las familias encargadas de la fabricación de la pieza están comprando la caña flecha en Tierralta, Ciénaga de Oro y Montería, sin embargo, en esas localidades también está disminuyendo la producción debido a la intensa sequía que también los agobia.

El alcalde de Tuchín, Eligio Pestana Rojas, se mostró preocupado con la situación, especialmente porque la fabricación y comercialización del sombrero vueltiao genera dividendos para el sustento de 30 mil artesanos de la localidad.

Tomado de: El Universal

<http://www.eluniversal.com.co/regional/cordoba/sequia-pone-en-vilo-elaboracion-del-sombrero-vueltiao-165461>

Consultado: 12 Agosto de 2016

EL UNIVERSAL

Cinco mil reses han muerto en Córdoba por sequía

NIDIA SERRANO M. | @EIUniversalCtg | montería | 22 de Julio de 2014 12:15 am |



La sequía que azota a los municipios de Córdoba ya dejó estragos en el sector ganadero. La Federación de Ganaderos de Córdoba reportó que cinco mil reses han muerto de hambre y sed en los últimos meses.

De acuerdo con lo señalado por el presidente de la agremiación, Alfredo García Burgos, la crisis que enfrenta el sector es de grandes proporciones, si se tiene en cuenta que no hay pastos para alimentar el ganado y por ello han tenido que vender las hembras.

A lo anterior se suma una disminución del 24 por ciento en la producción lechera, también como producto de un prolongado verano que se extenderá por varios meses más.

Los ganaderos pidieron al Gobierno nacional que diseñe medidas que le permitan superar la crisis y aunque el Ministro de Agricultura, Rubén Lizarralde, en su reciente visita a Córdoba no descartó la posibilidad de decretar medidas de impacto, los ganaderos señalan que ya las pérdidas son irreparables.

El vocero de los ganaderos insistió en que la actividad ha dejado de ser rentable y ello generará un impacto directo en la economía de los cordobeses.

La situación de los ganaderos no es distinta a la que padecen los agricultores y mucho menos a la que padecen los pobladores de la zona rural donde se han secado las represas que los abastecen de agua.

En Montería por ejemplo fue necesario decretar la calamidad pública porque hay 24 poblaciones sin una sola gota de agua para el consumo humano.

Pese a que el secretario de gobierno de Montería, José Berardinelly, anunció que enviarán carrotaques con líquido potable a las diferentes poblaciones, estos resultan insuficientes ante el grado de sequía que se ha registrado en Montería y en la mayor parte de los municipios cordobeses.

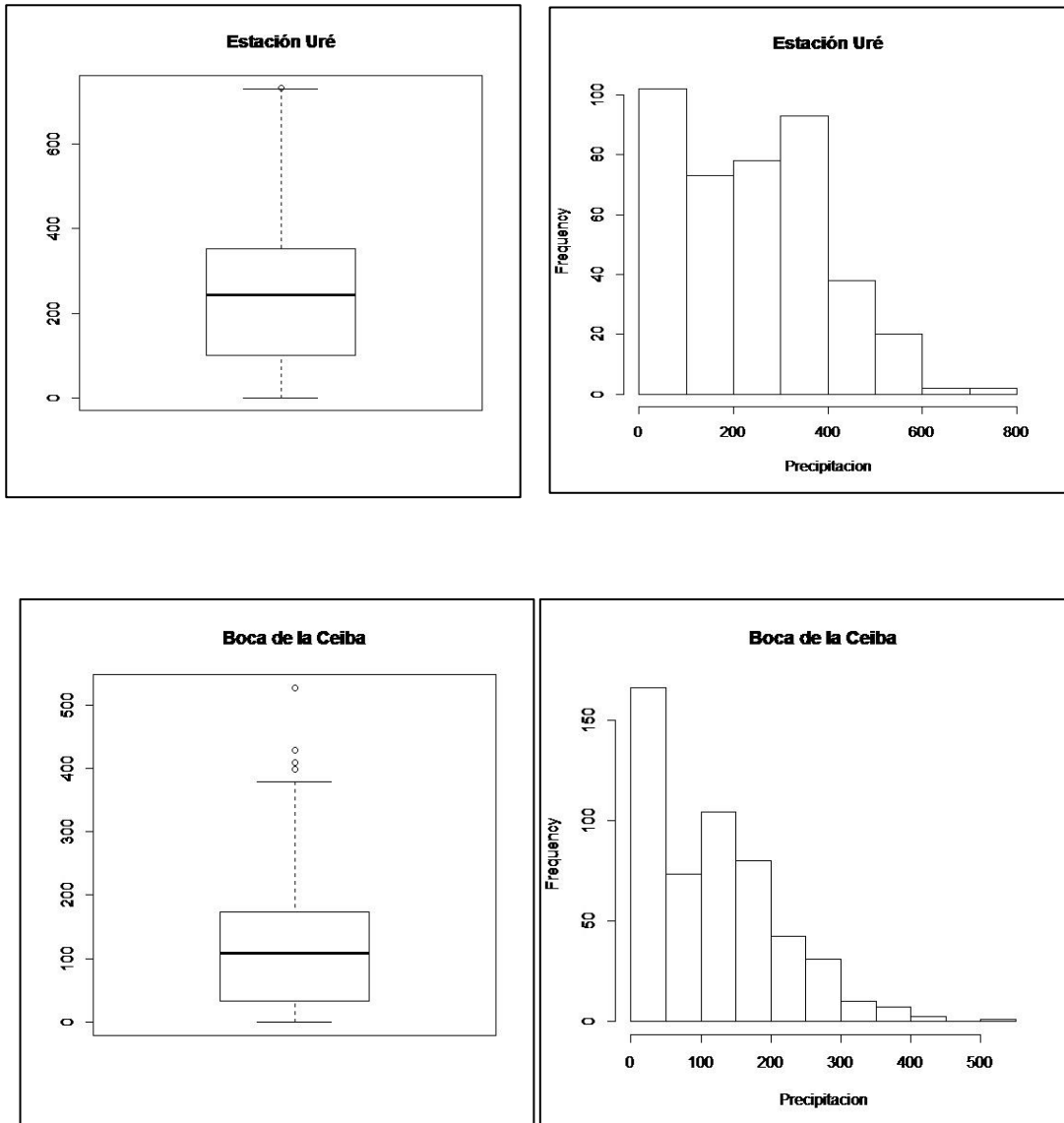
Tomado de: El Universal

<http://www.eluniversal.com.co/regional/cordoba/cinco-mil-reses-han-muerto-en-cordoba-por-sequia-165258>

Consultado: 12 Agosto de 2016

ANEXO 7: ANÁLISIS GRÁFICO PARA LAS ESTACIONES BOCA DE LA CEIBA Y URÉ

A diferencia de lo reflejado por las estaciones de estudio restante, la forma de la distribución de los datos para las estaciones Boca De La Ceiba y Uré, reflejan un comportamiento bimodal durante los años de registro, como se puede apreciar en las figuras.



Anexo 8: Estadísticos Descriptivos del total de estaciones de estudio

Estación	Media	Mediana	Varianza	Desv. Estand	Coef. Variac
Ayapel	197,9	191,5	23910,3	154,6	78,1
Boca de La Ceiba	116,8	108	8999,5	94,9	81,2
Buenavista	201,0	176	29174,5	170,8	85,0
Buenos Aires	124,6	115,5	8283,5	91,0	73,1
Callemar	132,1	123	10550,4	102,7	77,7
Canalete	119,0	121	8004,4	89,5	75,2
Caramelo	128,6	121,45	8799,5	93,8	72,9
Carrillo	106,3	95,5	7819,0	88,4	83,2
Carrizal	127,0	125,5	8344,5	91,3	71,9
Centro Alegre	143,7	133,35	12459,2	111,6	77,6
Cereté	111,0	96,011441	8814,9	93,9	84,6
Chimá	103,0	93,5	6472,0	80,4	78,1
Chinú	113,6	102	7894,7	88,9	78,2
Cintura	175,3	161	21394,8	146,3	83,5
Coroza 2	115,7	103,5	8919,0	94,4	81,6
Cristo Rey	124,2	120,3	10936,2	104,6	84,2
El Limón	114,2	101,5	10759,8	103,7	90,9
El Salado	114,3	100,9	7629,2	87,3	76,5
Hda Sta Cruz	107,1	98,5	6399,7	80,0	74,7
Jaramagal	114,8	104	8979,9	94,8	82,5
Jobo El Tablón	133,7	115	11911,4	109,1	81,6
La Apartada	159,6	137,5	17623,6	132,8	83,2
La Doctrina	111,0	110,75	8092,8	90,0	81,0
Loma Verde	117,4	110	8393,7	91,6	78,0
Lorica	101,2	97,7	6197,3	78,7	77,8
Los Pajaros	252,4	237,392084	42264,7	205,6	81,5
Momil	119,3	110	9157,1	95,7	80,2
Pica Pica	166,1	150,9	17093,3	130,7	78,7
Rabolargo	120,1	109,5	9274,0	96,3	80,2
Sahagún	114,9	104,1	7555,5	86,9	75,6
San Anterito	118,6	108	7562,0	87,0	73,3
San Antonio	123,6	112,5	9283,0	96,3	78,0
San Bernardo	119,0	112,601088	10246,2	101,2	85,1
San Carlos	134,5	110,5	15133,2	123,0	91,4
San Francisco	156,9	140	13653,6	116,8	74,5
Santa Lucía	114,2	109,65	7982,1	89,3	78,3
Santa Rosa	134,7	133	9992,8	100,0	74,2
Tierralta	138,4	133	10111,6	100,6	72,7
Turipaná	107,5	100,35	7415,1	86,1	80,1
Uré	240,5	243,95	24952,1	158,0	65,7

ANEXO 9: RESUMEN DEL TEST DE WILCOXON

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1 Ayapel	1,0																																							
2 Boca de La	0,0	1,0																																						
3 Buenavista	0,9	0,0	1,0																																					
4 Buenos Aire	0,0	0,1	0,0																																					
5 Callemar	0,0	0,0	0,0	0,4	1,0																																			
6 Canalete	0,0	0,5	0,0	0,3	0,1	1,0																																		
7 Caramelo	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	0,1	1,0																																	
8 Carrillo	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0																																
9 Carrizal	0,0	0,0	0,0	0,7	0,6	0,1	0,8	0,0	1,0																															
10 Centro Aleg	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	1,0																														
11 Cereté	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	1,0																													
12 Chiná	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,1	0,0	0,7	1,0																												
13 Chinú	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,1	1,0																											
14 Cintura	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0																										
15 Coroza 2	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	1,0	0,0	1,0																									
16 Cristo Rey	0,0	0,4	0,0	0,4	0,2	0,7	0,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	1,0																								
17 El Limón	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,6	0,0	0,0	1,0	0,7	0,4	0,0	0,4	0,1	1,0																							
18 El Salado	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,8	0,0	0,8	0,5	0,2	1,0																						
19 Hda Santa C	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,4	0,6	0,0	0,6	0,1	0,9	0,4	1,0																					
20 Jaramagal	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	0,2	0,9	0,0	0,9	0,3	0,5	0,8	0,5	1,0																				
21 Jobo El Tabl	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9	0,1	1,0	0,0	0,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0																			
22 La Apartada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0																		
23 La Doctrina	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,5	0,0	0,0	0,8	0,5	0,5	0,0	0,5	0,1	0,9	0,3	1,0	0,5	0,0	0,0	1,0																	
24 Loma Verde	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,7	0,0	0,7	0,5	0,3	0,9	0,3	0,7	0,1	0,0	0,3	1,0																
25 Lórica	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,5	0,8	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	1,0															
26 Los Pajaros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0															
27 Momil	0,0	0,6	0,0	0,2	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	0,0	0,6	0,8	0,2	0,7	0,2	0,5	0,1	0,1	0,2	0,8	0,0	0,0	1,0													
28 Pica Pica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0													
29 Rabolargo	0,0	0,6	0,0	0,3	0,1	0,9	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,6	0,8	0,2	0,7	0,2	0,5	0,1	0,1	0.1878	0,7	0,0	0,0	0,9	0,0	1,0											
30 Sahagún	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,6	0,0	0,7	0,6	0,2	0,8	0,3	0,6	0,1	0,0	0.2624	1,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,8	1,0										
31 San Anterito	0,0	0,5	0,0	0,3	0,1	0,9	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,5	0,8	0,1	0,6	0,2	0,4	0,1	0,0	0.1598	0,7	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9	0,7	1,0									
32 San Antonio	0,0	0,3	0,0	0,6	0,2	0,6	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,9	0,1	0,3	0,0	0,2	0,3	0,0	0.0720	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	0,3	0,6	1,0								
33 San Bernard	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,0	0,3	0,2	1,0	0,0	0,9	0,4	0,3	0,8	0,4	0,8	0,0	0,0	0.3778	0,9	0,1	0,0	0,7	0,0	0,6	0,8	0,6	0,4	1,0							
34 San Carlos	0,0	0,3	0,0	0,6	0,2	0,7	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,8	0,1	0,4	0,1	0,3	0,4	0,0	0.0785	0,5	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6	0,5	0,7	1,0	0,3	1,0						
35 San Francis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	9.69e-1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0				
36 Santa Lucía	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,4	0,2	0,9	0,0	0,9	0,2	0,6	0,7	0,6	0,9	0,0	0,0	0.6601	0,6	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,5	0,4	0,1	0,6	0,2	0,0	1,0				
37 Santa Rosa	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	0,0	0,6	0,0	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0.0003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0			
38 Tierralta	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0			
39 Turipaná	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	1,0	0,7	0,3	0,0	0,3	0,0	0,9	0,2	0,7	0,3	0,0	0,0	0.7109	0,2	0,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,0		
40 Uré	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.2e-16	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	

ANEXO 10: RESUMEN DE LAS ESTACIONES SELECCIONADAS

N°	Estación	Código	Latitud	Longitud	Municipio	Corriente	N° años
1	Ayapel	25020515	08°17	75°09	Ayapel	Cga de Ayapel	42
2	Boca de La Ceiba	1307007	08°49	75°51	Montería	Sinú	43
3	Buena Vista	2502101	08°13	75°28	Buenavista	Qda Cantarana	38
4	Buenos Aires	1306002	08°28	75°46	Montería	Caño Betancí	42
5	Callemar	1307012	08°41	75°40	San Carlos	Caño Aguas Prietas	42
6	Canalete	1204002	08°47	76°14	Canalete	Canalete	42
7	Caramelo	1306003	08°15	75°54	Tierralta	Qda Las Lomitas	43
8	Carrillo	13070180	08°59	75°50	San Pelayo	Sinú	34
9	Carrizal	1307011	08°40	75°45	San Carlos	Caño Aguas Prietas	43
10	Centro Alegre	2501501	08°10	75°37	Planeta Rica	Ayo El Desorden	35
11	Cereté	1307005	08°53	75°47	Cereté	Caño Bugre	41
12	Chimá	1307501	09°09	75°37	Chimá	Ayo Aguas Prietas	39
13	Chinú	2502073	09°07	75°23	Chinú	Ayo Canoas	38
14	Cintura	2502071	08°26	75°16	PuebloNuevo	Canalete	39
15	Coroza 2	1307019	08°48	75°45	San Carlos	Sinú	35
16	El Limón	13070010	09°20	75°56	San Bernardo del	Sinú	41
17	Cristo Rey	1204502	09°04	76°13	Puerto Escondido	Mar Caribe	37
18	El Salado	1307502	08°54	75°34	Cga de Oro	Ayo Aguas Prietas	43
19	Hda Santa Cruz	1305002	08°40	76°07	Montería	Qda Florisanto	38
20	Jaramagal	1204001	08°53	76°12	Puerto Escondido	Qda Sesa	39
21	Jobo El Tablón	25020720	08°38	75°23	Sahagún	Ayo Santo Domingo	36
22	La Apartada	2502070	08°02	75°20	La Apartada	San Jorge	39
23	La Doctrina	13085010	09°18	75°54	Lorica	Sinú	41
24	Loma Verde	1305003	08°30	76°10	Montería	Qda Florisanto	42
25	Lorica	1308502	09°15	75°50	Lorica	Sinú	41
26	Los Pájaros	2502048	08°20	74°52	Ayapel	Cga de Ayapel	42
27	Momil	1307002	09°14	75°41	Momil	Cga Grande	39
28	Pica Pica	2501008	08°01	75°40	Montelíbano	San Jorge	38
29	Rabolargo	13070040	08°57	75°44	Cereté	Caño Bugre	43
30	Sahagún	2502014	08°56	75°26	Sahagún	Ayo Canoas	43
31	San Anterito	1306001	08°33	75°51	Montería	Ayo Aguaviva	38
32	San Antonio	1308001	08°56	75°57	San Pelayo	Sinú	43
33	San Bernardo del Vier	1308503	09°22	75°56	San Bernardo del	Caño Cicara	42
34	San Carlos	13070090	08°48	75°42	San Carlos	Caño Aguas Prietas	41
35	San Francisco Rayo	2501010	08°07	75°45	Montelíbano	Qda San Andres	39
36	Santa Lucía	1305001	08°51	76°02	Montería	Qda Del Medio	43
37	Santa Rosa	1307010	08°44	75°36	San Carlos	Caño Aguas Prietas	43
38	Tierralta	1303001	08°11	76°02	Tierralta	Sinú	42
39	Turipana	1307503	08°50	75°48	Cereté	Caño Bugre	43
40	Ure	2501006	07°47	75°32	Valencia	Uré	34

ANEXO 11: CARTOGRAFÍA DE AMENAZA A DIFERENTES T

Ver anexos del CD

Mapa SPI3 a T 100 años

Mapa SPI6 a T 100 años